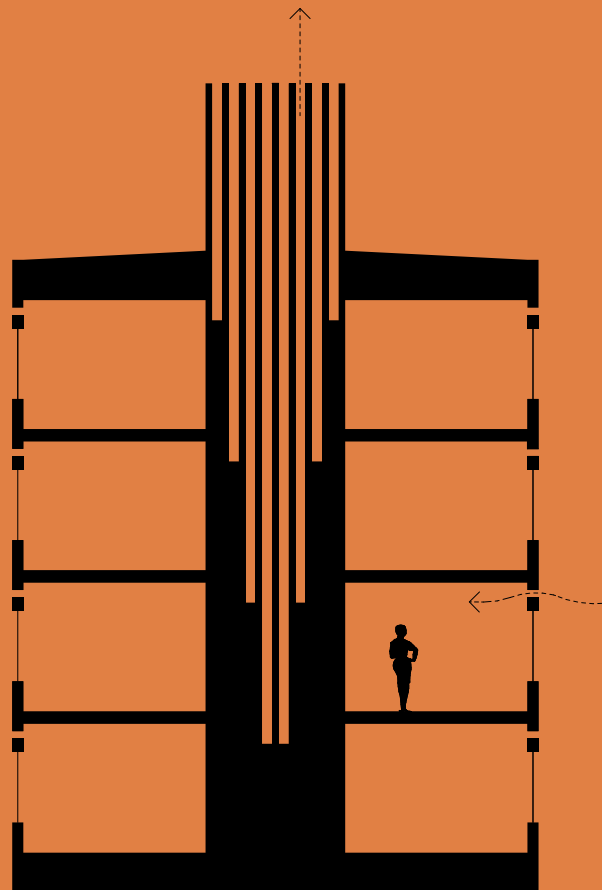


PAINOVOIMAINEN ILMANVAIHTO  
ASUINKERROSTALOJEN  
PERUSKORJAUKSESSA

KANDIDAATINTYÖ HAVU JÄRVELÄ





# Sisällys

## **Tiivistelmä**

## **Määritelmät**

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Teoreettinen tausta</b>	<b>3</b>
	2.1 Ajanjakson asuinkerrostalojen runkorakenteet ja asunnot	<b>3</b>
	2.2 Kerrostalojen ilmanvaihtojärjestelmiä ja niiden ongelmia 1960–1980-luvuilta	<b>9</b>
	2.3 Painovoimaisen ilmanvaihdon nykytilanne Suomessa	<b>12</b>
	2.4 Painovoimaisen ilmanvaihdon energiatehokkuus	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>Painovoimaisen ilmanvaihdon mahdollisuudet</b>	<b>18</b>
	3.1 Aineisto ja menetelmät	<b>18</b>
	3.2 Asuntokannan ilmanvaihdon realiteetit	<b>21</b>
	3.3. Asuntojen ilmanvaihdon kehittäminen	<b>25</b>
	3.4 Ilmanvaihtoratkaisun vaikutus rakennuksen elinkaareen	<b>32</b>
<b>4</b>	<b>Tutkimustulokset</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>Johtopäätökset ja suositukset</b>	<b>36</b>
	<b>Lähteet</b>	<b>39</b>
	<b>Liitteet</b>	





---

**Tekijä** Havu Järvelä

---

**Työn nimi** Painovoimainen ilmanvaihto asuinkerrostalojen peruskorjauksessa

---

**Laitos** Arkkitehtuurin laitos

---

**Koulutusohjelma** Arkkitehtuuri

---

**Vastuupettaja** Hannu Huttunen

---

**Ohjaaja** Helena Teräväinen

---

**Vuosi** 2018

**Sivumäärä** 46 + 8

**Kieli** Suomi

---

## Tiivistelmä

Yli puolet Suomen asuinkerrostalokannasta on rakennettu vuosina 1960–1989. Tänä ajanjaksona suomalainen rakennusmaailma siirtyi tilakohtaisesta painovoimaisesta ilmanvaihdosta koneellisiin huoneistokohtaisiin ilmanvaihtoratkaisuihin ja rakennetyyppeihin, jotka ovat osoittautuneet moniongelmaisiksi.

Nykyaikainen ilmanvaihdon suunnittelu on usein jatketta 1960–80-lukujen huonoksi osoittautuneista käytännöistä. Koneellista ilmanvaihtoa perustellaan laskennallisella ympäristöystävällisyydellä, joka ei käytännössä ole toteutunut, suodattamisen tarpeella, jota ei Suomessa useinkaan ole olemassa ja asuintottumusten muutoksilla, jotka eivät todellisuudessa ole asettaneet uusia ilmanvaihdollisia määräyksiä. Näiden olettamusten nimissä 1960–80-lukujen rakennuskantaa puretaan ja rakennetaan uudelleen samoin voin, eikä toimenpiteiden ympäristöpäästöjä huomioida.

Seurauksena suunnittelutiedon puutteesta ja viime vuosikymmenten jo kumotusta lainsäädännöstä painovoimaisesta ilmanvaihdosta on tullut harvinainen erikoistapaus. Sitä pidetään syyttä erityisen haastavana suunnittelukohteena. Suunnittelijoiden asenteellinen muutos on kestävä kehityksen kannalta oleellista.

Tässä tutkimuksessa käsitellään 1960–1980-lukujen asuinkerrostalokannan ongelmia ja painovoimaisen ilmanvaihdon nykytilannetta Suomessa. Tämän jälkeen tarkastellaan ilmanvaihtojärjestelmien keskinäistä energiankulutusta ja järjestelmien todellista ympäristöystävällisyyttä. Lopuksi hahmotetaan painovoimaisen ilmanvaihdon käytännön edellytyksiä ja tutkittavan kerrostalokannan ilmanvaihdollisia realiteetteja, sekä esitetään ilmanvaihdon kehitysehdotuksia tutkittavaan asuinkerrostalokantaan ja tulevaan suunnittelutyöhön.

---

**Avainsanat** painovoimainen ilmanvaihto, asuinkerrostalot, kestävä kehitys

---

# Määritelmät

## *Ilmanlaatu*

Sisäilma on laadukasta (Ympäristöministeriö 2012, s. 3–4), jos

- a) Ilmankosteus ei ole liian matala tai korkea.
- b) Huonelämpötila on sopiva.

Tila	Ohjelämpötila
Oleskeluhuone	21 °C (kesäkaudella 23 °C)
Kylpyhuone	22 °C
Kuivaushuone	24 °C
Porrashuone	17 °C

- c) Ilmassa ei ole liikaa epäpuhtauksia

Epäpuhtaus	Pitoisuus enintään
Ammoniakki ja amiinit	20 µg/m <sup>3</sup>
Asbesti	0 kuitua/cm <sup>3</sup>
Formaldehydi	50 µg/m <sup>3</sup>
Hiilimonoksidi (häkä)	8 mg/m <sup>3</sup>
Hiukkaset PM10	50 µg/m <sup>3</sup>
Radon	200 Bq/m <sup>3</sup> (vuosikeskiarvo)
Styreeni	1 µg/m <sup>3</sup>
Muut epäpuhtaudet	1/10 HTP

- d) Sisäilman hiilidioksidin pitoisuus on yleensä enintään 2160 mg/m<sup>3</sup> (1200 ppm).

### *Ilmanvaihto*

Huoneilman laadun ylläpitäminen ja parantaminen huoneen ilmaa vaihtamalla.

### *Ilmastointi*

Sisäilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden ja ilman liikkeen hallinta tulo- tai kierrätysilmaa käsittelemällä. Ei juuri käytössä asuinrakennuksissa.

### *Kierrätysilma*

Ilma, joka palautuu ainoastaan samaan huonetilaan tai asuntoon.

### *Koneellinen poistoilmanvaihto*

Ilmanvaihtojärjestelmä, jossa ilma poistetaan rakennuksesta koneellisesti puhaltimen avulla ja tilalle otetaan ulkoilmaa ulkoilmalaitteiden, kuten tuuletusventtiilien kautta. 1960–80-lukujen asuinkerrostaloissa yleinen käytäntö on, että tuuletin on päällä pari tuntia aamu- ja iltapäivästä.

### *Koneellinen poisto- ja tuloilmanvaihto*

Ilmanvaihtojärjestelmä, jossa ilma poistetaan rakennuksesta koneellisesti puhaltimen avulla ja tilalle otetaan ulkoilmaa puhaltimen avulla. Ei juuri käytössä 1960–1980-luvuilla asuinrakennuksissa.

### *Korjausvelka*

Korjausvaje, joka kertoo paljonko rakennuksiin olisi pitänyt investoida, jotta ne olisivat käytön kannalta hyvässä kunnossa. Korjausvelka syntyy, kun ennakoivasta kunnossapidosta tingitään ja tehdään vain välttämättömiä, kiireellisiä korjauksia. Korjausvelka ilmenee mm. kehnona sisäilmana. Suomessa korjausvelka on jopa kymmenesosa koko rakennuskannan arvosta. (Rakennusteollisuus)

### *Korvausilma*

Tuloilma, joka korvaa ilmanvaihtojärjestelmän poistaman huoneilman. Tuloilmareitistön puutteellisen suunnittelun seurauksena kor-

vausilma virrata huoneeseen viereisistä tiloista, elementtien saumoista tai lattianraosta.

#### *Kulverttihuone*

Ulkoilman esilämmittämiseen rakennettu tila, josta lämmitetty ulkoilma johdetaan huonetiloihin.

#### *Lämmön talteenotto*

Koneellinen ilmanvaihtojärjestelmän osa, jolla siirretään poistoilman lämpöenergiaa takaisin tuloilman, tai kiinteistöveden lämmittämiseen.

#### *Painovoimainen ilmanvaihto*

Perinteinen ilmanvaihtojärjestelmä, jonka toiminta perustuu pääasiassa korkeus- ja lämpötilaeroihin ja tuulen aiheuttamiin paine-eroihin siten, että sisäilma virtaa ulos rakennuksesta ja tilalle tulee ulkoilmaa ulkoilmalaitteiden, kuten tuuletusventtiilien kautta.

#### *Poistoilma/jäteilma*

Kulutettu ilma, joka johdetaan huonetilasta pois.

#### *Puhallinavusteinen ilmanvaihto*

Ilmanvaihtojärjestelmä, jossa ensisijaista ilmanvaihtojärjestelmää voidaan ajoittain tehostaa esimerkiksi liesi- tai kylpyhuonetuulettimella. Puhallinavusteisuus voi puutteellisesti suunniteltuna aiheuttaa ensisijaisen ilmanvaihtojärjestelmän sekoittumisen.

#### *Purkava peruskorjaus/saneeraus*

Kun vanhan rakennuskannan korjausvelka on suuri, voi olla että sen korjaaminen on haastavaa. Tällöin vaihtoehtona esitetään rakennuskannan purkamista ja uudisrakentamista. Niin sanotulla purkavalla peruskorjauksella voidaan menettää arvokkaita ja korvaamattomia kulttuuriympäristöjä ja se aiheuttaa merkittäviä kasvi- huonepäästöjä. (Toivola 2013, s. 13–28)

### *Siirtoilma*

Ilma, joka johdetaan tilasta toiseen tilaan esimerkiksi siirtoilmalaitteiden, kuten oviraon tai venttiilien avulla.

### *Tuloilma*

Ilma, joka johdetaan huonetilaan. Tuloilma voi olla esimerkiksi ulkoilmaa tai esilämmitettyä suodatettua ulkoilmaa.

### *Ulkoilma*

Suomen ulkoilman laatu WHO:n kansainvälisten mittausten mukaan maailman paras (Ilmatieteen laitos 2018). Pienhiukkasten määrä ilmassa Suomessa on keskimäärin  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , eli noin 44 mikrogrammaa vähemmän kuin sisäilman laatuvaatimukset edellyttäisivät ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Vuonna 2017 pääkaupunkiseudulla WHO:n hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvo ylittyi vuoden aikana 2–20 pölyisenä päivänä (HSY 2018, s.5).

### *Vikasietoisuus*

Järjestelmän ominaisuus, jossa pienet vauriot eivät estä järjestelmän toiminnan jatkumista.

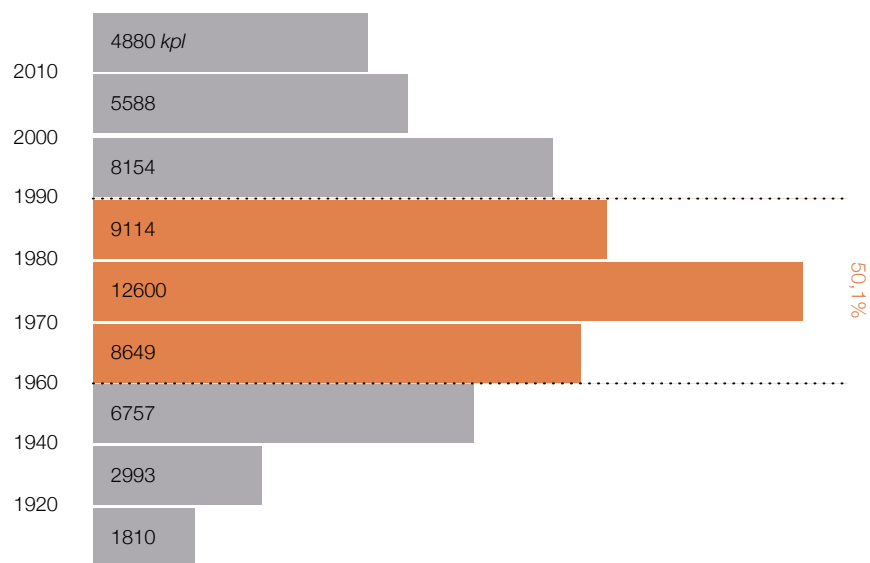
# 1 Johdanto

Suomessa asuintalot ovat homeessa. Suomessa koulut ovat homeessa. Suomessa päiväkodit ovat homeessa. (TrVM 2013, s. 8) Suomessa korjausvelkaiset lähiöt purkaen peruskorjataan (Huuhka & Lahdensivu 2016, s. 81–86; Toivola 2013, s. 9). Nykyinen rakentamistapa näyttää asianmukaisesti täyttävän kaikki asetukset ja direktiivit, muttei kestä aikaa, homehtuu ja vie asukkaidensa terveyden. Nykyrakennusten ilmanvaihtotekniikka vaatii jatkuvaa huoltoa, on riippuvaista sähköstä ja puretaan alle ihmisen eliniän. Miksi emme rakenna ja ilmastoi rakennuksiamme yksinkertaisemmin ja terveemmin?

Tämä kandidaatintyö on tutkimus painovoimaisen ilmanvaihdon edellytyksistä peruskorjauksen saavuttaneissa 1960–1980-lukujen kerrostaloissa ja sen mahdollisuudesta koneellisen ilmanvaihdon rinnalle. Tutkimuksen tavoitteena on hahmottaa painovoimaisen ilmanvaihdon vaatimukset, kilpailukyky ja mahdollisuudet tuoda sen kehittäminen osaksi kerrostalojen peruskorjausta. Tutkimuksen ongelma kiteytyy seuraaviin kysymyksiin: Missä määrin painovoimainen ilmanvaihto on toteutettavissa tässä tutkimuksessa tarkasteltavan aikakauden asuinkerrostalorunkoihin? Kuinka kilpailukykyinen vaihtoehto painovoimainen ilmanvaihto on koneellisen ilmanvaihdon rinnalle? Mitkä tekijät asettavat painovoimaisen ilmanvaihdon suunnittelun rajat?

Mahdollisimman suuren vaikuttavuuden vuoksi tutkimus on rajattu 1960–1980-lukujen asuinkerrostaloihin, jotka kattavat yli puolet koko Suomen asuinkerrostalokannasta (kuva 1). Tutkimusmenetelminä ovat kirjallisuuskatsaus ja kirjallisuuteen perus-

tuvat laskelmat, joissa eri lähteiden tietoja vertaillaan keskenään. Kirjallisuus on kerätty arkkitehtuurin laitoksen opettajien suosituksen, ilmanvaihdosta tehtyjen tutkimusten, ohjeiden ja määräysten, haastattelujen sekä Aalto Finna -portaalissa toteutetun tiedonhaun perusteella. Kirjallisuuskatsausta ja laskelmia on täydennetty seminaarilla ja haastatteluilla. Määritelmät-osio on koostettu voimassa-olevista ilmanvaihtomääräyksistä ja -ohjeistuksista.



**Kuva 1** Suomen asuinkerrostalot rakennusvuoden mukaan. Tutkimukseen valitut vuosikymmenet merkattu **oranssilla**.

## 2 Teoreettinen tausta

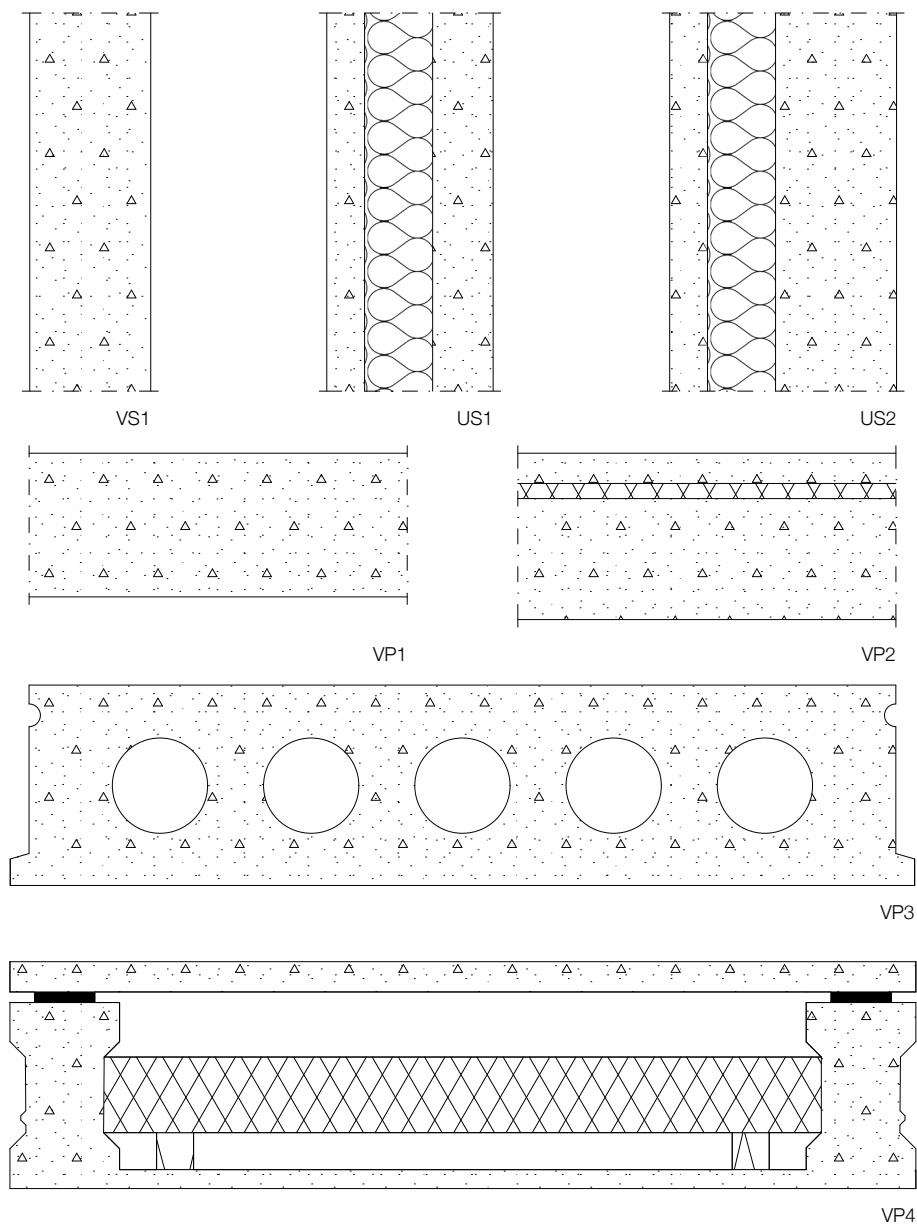
### 2.1 Ajanjakson asuinkerrostalojen runkorakenteet ja asunnot

Tässä alaluvussa käsitellään 1960–1980-lukujen asuinkerrostalojen rakenteellisia ominaisuuksia, asuntopohjia, tyypillisiä huonekorkeuksia ja kattomuotoja. On olennaista tutustua myös tarkasteltavan ajanjakson rakenteisiin (kuva 2) ja ominaispiirteisiin.

Vuosina 1960–75 rakennetut kerrostalot ovat suurimmaksi osaksi kirjahyllyrunkoisia. Kirjahyllyrungossa poikittaiset väliseinät ja päätyjen lyhyet ulkoseinät ovat kantavia, kun taas pitkien sivujen ulkoseinät on ripustettu välipohjista. Yleisin välipohjarakenne 1960-luvun alusta 1970-luvun alkuun oli paikallavalettu massiivinen teräsbetonilaatta. 1970-luvulla yleisesti käytetyksi rakenteeksi alkoi levitä ontelolaatta. (Mäkiö et al. 1994, s. 53–74)

1960- ja 1970-luvuilla asuinkerrostalojen yleisin ulkoseinärakenne oli sandwich-elementti. 1960-luvun alussa käytettiin enimmäkseen nauhasandwich-elementtejä, jotka 1970-luvulle tultaessa syrjäyttivät ruutusandwich-elementit. Rakennuksien pitkien sivujen kantamattomien ulkoseinäelementtien paksuus oli tyypillisesti 220–230 mm. (Mäkiö et al. 1994, s. 78–83) Sandwich-elementit olivat ylivoimaisesti yleisin ulkoseinärakenne myös 1980-luvulla (Neuvonen et al. 2015, s. 41). Eristysvaatimusten yhä tiukentuessa ulkoseiniä remonteissa usein tiivistetään. Tämä on johtanut usein uusiin sisäilmaongelmiin. Peruskorjausten vaikutuksia ilmanvaihtoon käsitellään tarkemmin alaluvussa 2.2.





**VP1 (MASSIIVINEN ELEMETTI)**

1. 190-200 mm teräsbetoni

**VP2 (PAIKALLAVALLETTU MASSIIVINEN TERÄSBETONILAATTA)\***

1. 40-50 mm uiva teräsbetonilaatta
2. 0,2-2mm valueriste, rakennuspaperi/-pahvi
3. 90 mm mineraalivilla
3. 80 mm teräsbetoni

**VP3 (ONTELOLAATTA)**

1. 265 mm esijännitetty teräsbetoni, Ø185 ontelo

**VP4 (U-LAATTA)**

1. 40 mm kansilaatta, tehdasrakenteinen
2. 5-10 mm neopreenikumieriste, korotettu
3. 100 mm mineraalivilla
4. 246 mm esijännitetty teräsbetonipalkit
5. 25 mm alalaatta, betoni

**VS1 (PAIKALLAVALLETTU)**

1. 160 mm teräsbetoni

**US1 (EI KANTAVA)**

1. 40-50 mm teräsbetoni
2. 90 mm mineraalivilla
3. 80 mm teräsbetoni

**US2 (KANTAVA)**

1. 40-50 mm teräsbetoni
2. 90 mm mineraalivilla
3. 150-160mm teräsbetoni

*\*1960-luvun lopulla siirryttiin rakenteeseen*

1. 40-50 mm pintabetoni
2. 150-160 mm teräsbetoni, paikallavalettu

**Kuva 2** 1960–1980-lukujen yleisimmät väliseinä-, ulkoseinä- sekä välipohjarakenteet.

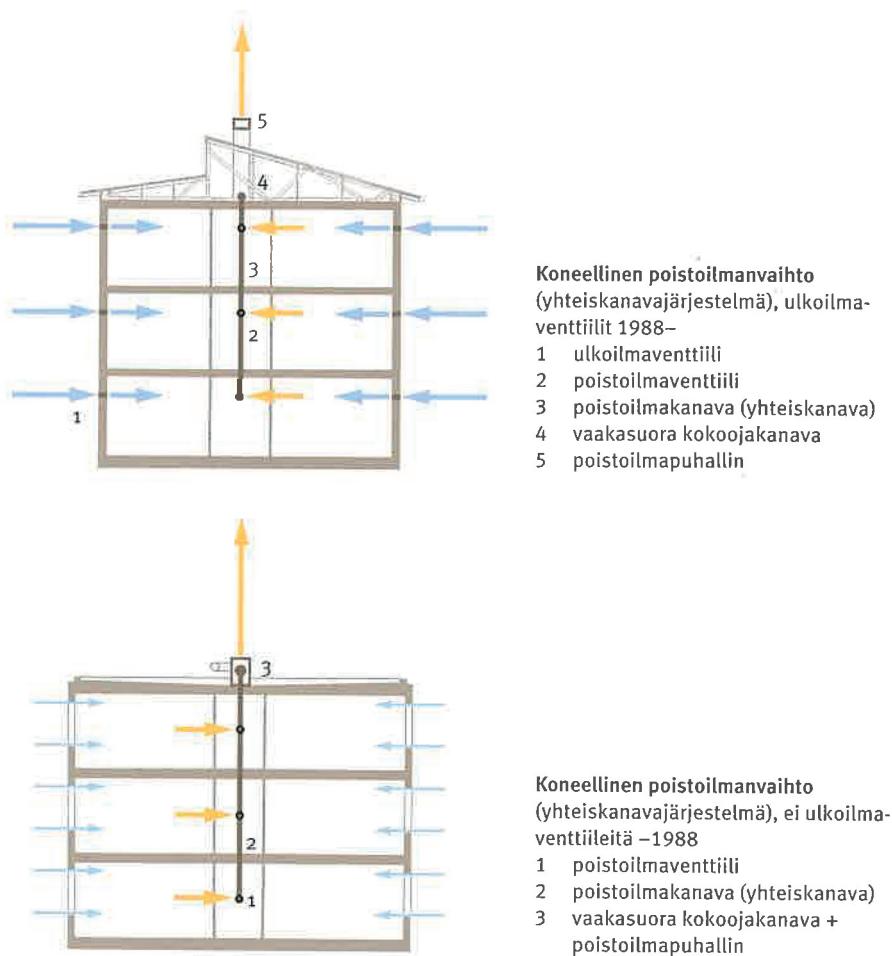
Kerroksen (2,8 m) korkuiset hormielementit yleistyivät 1960-luvun alussa. Vuonna 1968 Betoniteollisuuden keskusjärjestö kehitti betoniormien tyyppijärjestelmän. Ajanjakson ilmanvaihtojärjestelmien huonoon toimivuuteen liittyy se, että kanavistot tehtiin usein rakennusaineisina, jolloin niiden tiiviys ei ole riittävä. Ajan tiiveysvaatimukset olivat vain puolet 1990-luvun vaatimuksista. Peltikanavat ovat ajanjakson kerrostaloissa harvinaisia. Koneellinen poisto toteutettiin usein niin sanottuna yhteiskanavajärjestelmänä, jossa eri huoneistojen poistoilma kuljetettiin samassa hormissa kerrosten välillä katolla sijaitsevaan huippumuriin. Ajanjakson sekä koneellisesti että painovoimaisesti toteutettuja ratkaisuja yhdistää korvausilman hallitsematon vuoto rakenteiden läpi. (Mäkiö et al. 1994, s. 93–223)

Painovoimaisen poistoilmahormiston vetoon vaikuttaa hormiston korkeus. Korkea hormi lisää vetoa ja matala heikentää sitä. Mitoituksellisesti hormin tulisi nyrkkisäännön mukaan ulottua 4,5 metriä korkeammalle kuin ylin poistoilmaventtiili (Kuuluvainen et al. 2018, s. 11). 1960–1980-lukujen kerroskorkeus oli 2,8 metriä (Ympäristöministeriö 1994, s. 4). Aikakauden paikallavalettu teräsbetonilaatan paksuus on 190–245 mm, U-laatan 300 mm ja ontelolaatan paksuus 265 mm. Huonekorkeudeksi jäi tällöin välipohjan tyypistä riippuen alimmillaan jopa 2,5 metriä. Matala huonekorkeus tarkoittaa huoneiston pientä ilmatilavuutta, joka vaatii suurta ilman vaihtuvuutta. Matala huonekorkeus ei vaikuta painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuuteen, jota käsitellään tarkemmin aluvussa 3.2.

Kattomuodot tarkasteltavalla aikakaudella ovat monimuotoisia. 1960-luvun alussa lähes puolessa taloista oli loiva harjakatto. Ullakkotiloja ei rakennuksissa ollut. Osa 1960–1970-lukujen harjakatoista on valetasakattoja. 1970-luvun alussa suuressa osassa taloista oli jo tasakatto. (Mäkiö et al. 1994, s. 71–75) Kattomuodoiltaan tutkittavan ajanjakson asuinkerrostalojen katot eivät ole painovoimaiselle ilmanvaihdolle suunniteltuja.

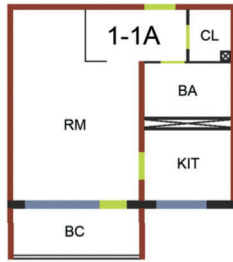
Painovoimaisen ilmanvaihdon mitoituksellisiin vaatimuksiin vaikuttavat asuntojen pinta-ala ja pohjaratkaisut. Kaasalainen

ja Huuhka (2016, s. 229–239) ovat todistaneet tutkimuksessaan, että Suomen 1960–1980-lukujen asuntojen pohjapiirustukset ovat erittäin toisteisia. Tutkimuksen mukaan vain 18 asuntopohjaa (kuva 4) kattavat 82 % koko vuosikymmenten asuntokannasta. Riittävää teoreettista mitoitusta käsitellään tulevissa alaluvuissa näiden asuntopohjien kautta.

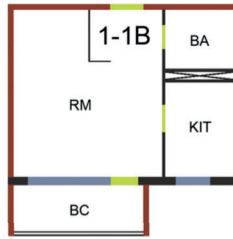


**Kuva 3** Koneellisia ilmanvaihtoratkaisuja tarkasteltuna ajanjaksona.

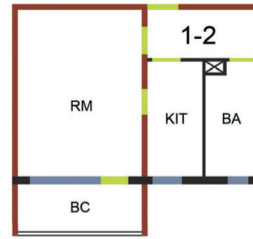
28,0 m<sup>2</sup>



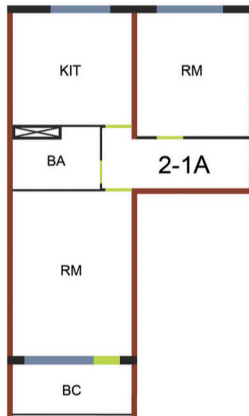
25,0 m<sup>2</sup>



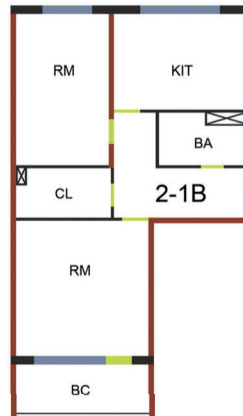
27,5 m<sup>2</sup>



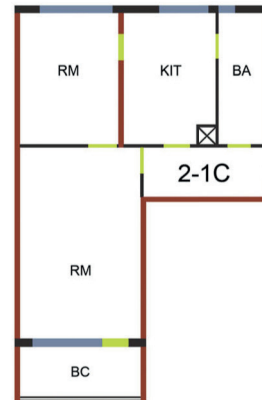
42,5 m<sup>2</sup>



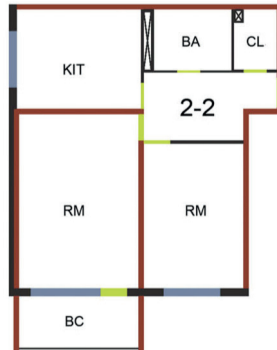
45,0 m<sup>2</sup>



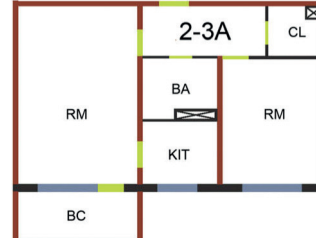
43,5 m<sup>2</sup>



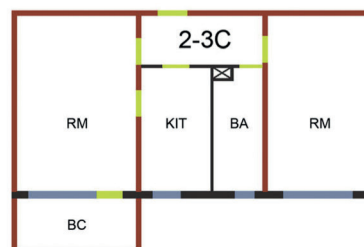
45,5 m<sup>2</sup>



37,0 m<sup>2</sup>



42,0 m<sup>2</sup>



43,0 m<sup>2</sup>



**Kuva 4** Kooste asuntotyypeistä, jotka kattavat 82 % Suomen 1960–1980-lukujen asuntokannasta.

## 2.2 Kerrostalojen ilmanvaihtojärjestelmiä ja niiden ongelmia 1960–1980-luvuilta

Kerrostalojen ilmanvaihtoratkaisut 1960–1980-luvuilla jakautuivat käytännössä painovoimaiseen ilmanvaihtoon ja koneelliseen poistoilmanvaihtoon (Mäkiö et al. 1994, s. 220–222; Neuvonen et al. 2015, s. 82–85). Kummassakin ratkaisussa tuloilma järjestettiin usein siten, että ikkunan yläpuolisesta ikkunapuitteesta on poistettu noin 30 senttimetrin osuus tiivisteestä. Ratkaisu on vaikea toteuttaa hallitusti. Tiivistepoistot tarkoittavat käytännössä jopa 20 % heittoja korvausilmavirroissa (Ikäheimo 2003, s. 6). Toinen korvausilman ratkaisumalli ovat olleet erilaiset ulkoilmalaitteet, kuten rakoventtiilit. Kumpikaan ratkaisusta ei takaa nykystandardien mukaisia korvausilmamääriä.

Helsinkiläisten asuntojen ilmanvaihto-ongelmista tehdyssä tutkimuksessa (Ikäheimo 2003) on käynyt ilmi, että vain 15 % tutkituista 1960–1980-lukujen kerrostaloasunnoista on ilman sisäilmaongelmia. 1960–1980-lukujen kerrostalojen yleisin sisäilmaongelman syy oli riittämätön korvausilma (taulukko 1). Ilman riittäviä venttiilejä korvausilma siirtyy huonetilaan hallitsemattomasti rakenteita pitkin ja seinän läpi. Tämä aiheuttaa sisäilman tunkkaisuutta. Korvausilman puutteen tai huonon laadun aiheuttajia ovat olleet alkuperäiset riittämättömät korvausilmaventtiilit ja hormien materiaalipäästöt. Ajanjakson rakennuksissa tuloilmareittinä on saatettu käyttää esimerkiksi ontelolaattojen kanavistoja, joista irtoaa tuloilmaan betonipölyä. (Ikäheimo 2003, s. 5–9)

Myöhemmissä remonteissa on usein tukittu alkuperäisiä korvausilma- tai poistoilmahormeja. Painovoimaisia ilmanvaihtojärjestelmiä on myös osittain koneellistettu, joka on johtanut il-

**Taulukko 1** Koontitaulukko sisäilmaongelmista ja niiden syistä 1960–1980-lukujen kerrostalorakennuksissa. Tutkimuksen sisäilmaongelmattomat kohteet (3 kpl) merkitty taulukkoon **harmaalla**. (Ilkäheimo 2003, s. 10, 12, 15, 18, 19, 20 ja 22)

Kohde	Rakennusvuosi	Sisäilmaongelma	Syy
Painovoimainen ilmanvaihto			
PA-1	1966	riittämätön korvausilma	korvausilmaventtiilit puuttuivat
PA-2	1960	väärä korvausilman jako	asukkaan remonttitoimenpiteet
Koneellinen poisto			
KP-2	1977	yleinen tunkkaisuus	korvausilmaa rakenteiden kautta
KP-4	1966	hajuongelma	alitehoinen poisto
KP-6	1983	betonin haju	riittämätön korvausilma
KP-8	1984	hajuongelma	riittämätön korvausilma
KP-9	1972	tupakan haju naapurista	riittämätön korvausilma
KP-10	1986	riittämätön korvausilma	ei korvausilmareittejä
KP-12	1962	yleistä oireilua	liian vähän korvausilmareittejä
KP-13	1986		
KP-14	1989	yleistä oireilua	riittämätön korvausilma
KP-17	1966	haju, tunkkaisuus	ei korvausilmareittejä
KP-19	1977	materiaalipäästöt	
KP-21	1979	yleistä oireilua	riittämätön korvausilma
KP-22	1975	yleinen tunkkaisuus	riittämätön korvausilma
KP-24	1974	tunkkaisuus	riittämätön korvausilma
KP-25	1978	ei poistoilmaa	poistoventtiilit tukkeutuneet
KP-27	1987		
KP-28	1987		
KP-31	1984	yleisoireilua	riittämätön korvausilma

manvaihdon sekoittumiseen. (Ikäheimo 2003, s. 5–30) Ulkovai-  
pan tiivistämisen seurauksena korvausilma voi siirtyä huonetilaan  
elementtien saumoista tai lattian rajasta. 1960–80-lukujen raken-  
nusten peruskorjauksessa korvausilmareittien suunnittelu on en-  
sisijaisen tärkeää. Riittävää korvaus- ja poistoilman mitoitusta kä-  
sitellään tarkemmin alaluvussa 3.2.



## 2.3 Painovoimaisen ilmanvaihdon nykytilanne Suomessa

Koneelliseen ilmanvaihtoon on siirrytty pääosin 1960-luvulla. Muutos vietiin läpi supistamalla ja poistamalla painovoimaisen ilmanvaihdon suunnitteluohjeistusta. Vuoden 1956 RT-kortistossa ohjeistetaan vielä huonekohtaisten painovoimaisten ilmanvaihtoventtiilien laatimista (Rakennustietosäätiö, 1956), kun vuoden 1978 rakennusmääräyskokoelmassa ohjeet painovoimaisen ilmanvaihdon laatimiseksi ovat luokkaa *"Painovoimainen ilmanvaihto on mitoitettava ja toteutettava niin, että huonetiloissa on riittävä ilmanvaihto"* (Sisäasiainministeriö 1978, s.10). Riittävydestä ei anneta tarkkoja ohjeita.

Koneelliseen ilmanvaihtoon siirtymistä on perusteltu ympäristöystävällisyyden nimissä: painovoimaisessa järjestelmässä poistoilman lämmön talteenotto ei ole nykytietämyksellä mahdollista. Vielä vuoden 2003 ohjeiden vaatimuksena oli ottaa ilmanvaihdon poistoilmasta talteen 30 % ilmanvaihdon lämmittämiseen tarvittavasta lämpömäärästä (Rakennustieto 2003, s. 1), eikä ympäristöministeriön kompensointilaskelmaohjeessa luonnollista ilmanvaihtoa otettu huomioon. Käytännössä kokonaisenergiankulutuksen tarkastelun sijaan ohjattiin käyttämään tiettyä ilmanvaihtojärjestelmää, mikä on tehnyt 2000-luvun alkupuolella painovoimaisen ilmanvaihdon suunnittelusta poikkeuksellisen haastavaa.

Viime vuosina on ymmärretty, että rakennuksen kokonaisenergiankulutus on lämmön talteenottoa oleellisempaa. Uusimman ympäristöministeriön asetuksen (Ympäristöministeriö 2017b, 3 §) mukaan rakennuksen tulee täyttää energiatehokkuuden ver-

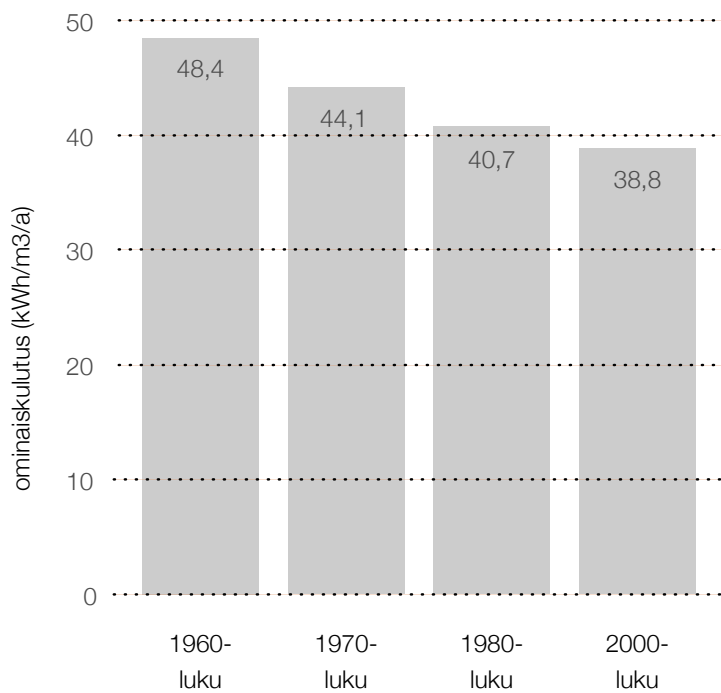
tailulukku eli E-luku (kWhE/(m<sup>2</sup> a)). E-luku mittaa rakennuksen laskennallista ostoenergiankulutusta rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohden vuodessa. Energiankulutuksen lähteitä ei laskentatavassa määrätä, vaan rakennusta tarkastellaan energiaa kuluttavana kokonaisuutena. Ilmanvaihtomääräyksiä on korvattu kiihtyvällä tahdilla: vuonna 2008 laadittu ohje (LVI 08-10809) korvattiin vuonna 2012 (LVI 10-10514) ja vuoden 2012 ohje peruttiin jo vuonna 2018.

Muissa pohjoismaissa painovoimaiseen ilmanvaihtoon on suhtauduttu viime vuosikymmeninä myönteisemmin, mikä on tuottanut lukuisia positiivisia tuloksia. Heikkinen et al. (2002, s. 110) ovat raportissaan kiteyttäneet: *”Keski-Euroopassa ja muissa Pohjoismaissa ollaan Suomea pidemmällä luonnonvoimien hyväksikäytössä ilmanvaihdoissa. Ruotsalaiset ja norjalaiset koulut sekä tanskalaiset toimistorakennukset ovat olleet edelläkävijöitä.”* Toteutuneita esimerkkejä energiatehokkaista painovoimaisista puhallinavusteisista kohteista ovat esimerkiksi Vargbroskolan Ruotsissa (Beiron 2010) ja Jaerin koulu Norjassa. Painovoimaisia järjestelmiä on toteutettu myös yli 250 metriä korkeissa toimistotornitaloissa. (Heikkinen et al. 2002, s.18–25) Suomeen rakennetusta puhallinavusteisesta koulusta esimerkkinä on Ruusutorpan koulu (Jokiranta et al. 2005). Kummallista kyllä, 2000-luvulla rakennetuista painovoimaisesti ilmastoiduista asuinkerrostaloista ei pohjoismaissa ole juurikaan esimerkkejä.

Ympäristöministeriön ja Suomen kulttuurirahaston rahoittama tutkimusryhmä on julkaissut oppaan painovoimaisen ilmanvaihdon suunnittelusta ja toteutuksesta (Kuuluvainen et al. 2018). Opas antaa konkreettisia mitoitusohjeita korvaus- ja poistoilmalaitteiden suunnitteluun, ilmavirtojen mitoittamiseen ja sisältää katsauksen nykyistä suunnittelua ohjaavaan lainsäädäntöön. Ilmanvaihdon suunnittelun määritteleväksi tekijäksi nostetaan oppaassa rakennuspaikka, tuloilman puhtaus ja ympäristön melutaso. 1960–1980-lukujen rakennuskannan sijoittumista suhteessa valtaväylien aiheuttamaan meluun ja suodatustarpeeseen käsitellään tarkemmin alaluvussa 3.3.

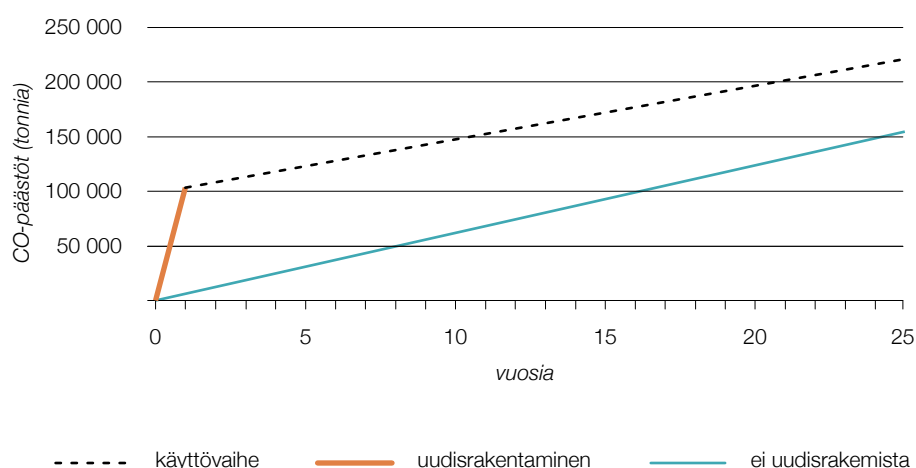
## 2.4 Painovoimaisen ilmanvaihdon energiatehokkuus

2000-luvulla rakennettujen asuinkerrostalojen ominaiskulutus on jopa 20 % pienempi kuin 1960-luvulla rakennetuissa asuinkerrostaloissa (kuva 5). Tulos ei tarkoita, että olemassa olevan rakennuskannan korvaaminen olisi ympäristöystävällinen valinta.



**Kuva 5** Eri vuosikymmenillä rakennettujen asuinkerrostalojen keskimääräinen ominaiskulutus (kWh/m³/a).

Heinonen et al. (2012, s. 1179) ovat tutkineet kehitettävien asuinalueiden ympäristöpäästöjä. Vanhan rakennuskannan ylläpitämisen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt ovat merkittävästi pienempiä kuin uudisrakentamisen luomat päästöt (kuva 6). Ilmastomuutoksen hillitsemiseksi 1960–1980-lukujen rakennuskannan elinkaaren pidentäminen on lyhyen aikajänteen laskennallista energiatehokkuutta tärkeämpää.



**Kuva 6** Pellaksenmäen asuinalueen olemassa olevan ja uudisrakentamisen kokonaispäästöt vertailtuna 25 vuoden huoltosyklin aikana.

1960–80-lukujen asuinkerrostalojen alkuperäisissä painovoimaisten ja koneellisen poiston järjestelmissä ei lähes poikkeuksetta ole poistonilman lämmön talteenottoa. Alatalon (2012, s. 77) mukaan tämän ajanjakson asuintalojen ilmanvaihdon suurimpia energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä ovat rakennuksen seinien tiiviys ja ilman vaihtuvuus. Lämmitetyn, ulospuhalletun ilman määrä on suoraan verrannollista asunnon energiankulutukseen. Tutkimuksen mukaan huoneiston ilman vaihtuvuuden pienentäminen voi johtaa jopa 20 %:n energiansäästöön ja suurentaminen jopa 10 % lisääntyneeseen energiankulutukseen.

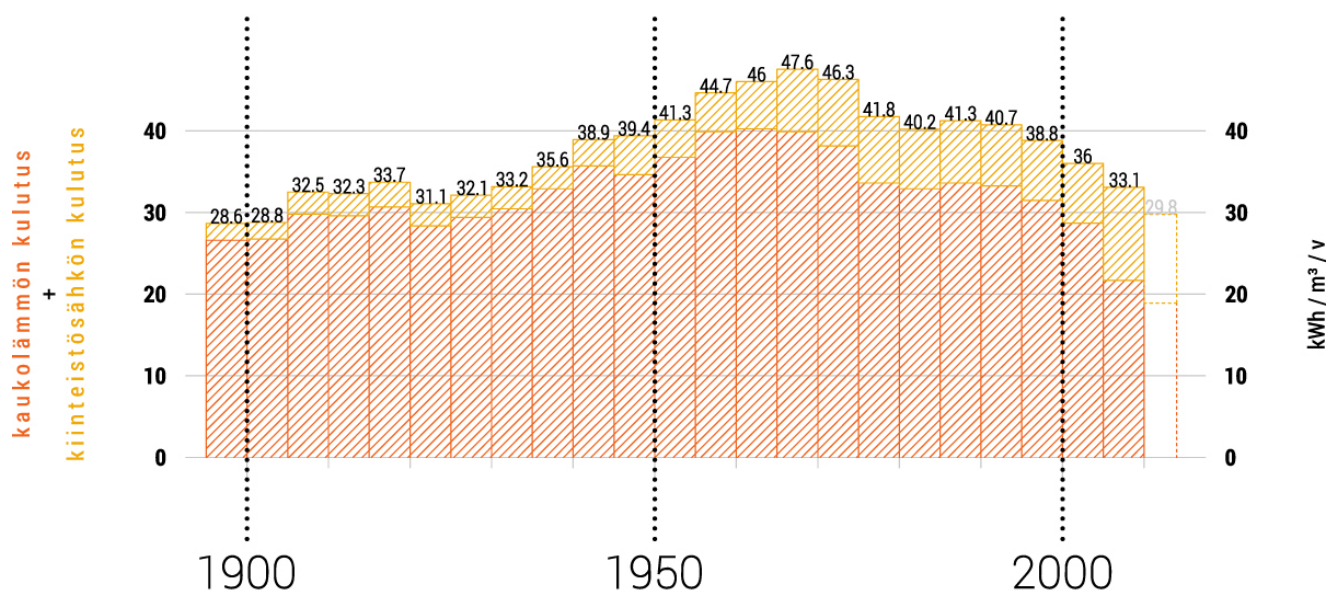
Ilman vaihtuvuuden pienentäminen on energiaa säästävää, mutta kysymykseksi nousee, missä vaiheessa huoneilman laatu alkaa kärsiä. Nykyisten Suomen vaatimusten mukaan vaihtuvuuden alaraja on asuinhuoneessa 6 l/s/hlö.

Kuten alaluvussa 2.2. todettiin, tarkasteltavan ajanjakson ilmanvaihtoratkaisuissa on lisättävä kontrolloituja korvausilmareittejä, jottei korvausilma saavu huonetilaan hallitsemattomasti rakenteiden läpi tai elementtien saumoista. Lisäksi on varmistettava riittävä laskennallinen ilmanpoisto ja mahdollisuus säätää ilmanvaihtoa lämmityskaudella merkittävästi pienemmäksi ja kesäkaudella suuremmaksi.

Asukkaan mahdollisuus vaikuttaa ilmanvaihdon määrään puuttuu 1960–80-lukujen rakennuskannan keskitetyn koneellisen poiston järjestelmistä. Liiallinen ilmanvaihto ja korkea huonelämpötila kuivaavat ilmaa etenkin lämmityskaudella. Koneellisesti kuivatun ilman on todettu olevan lukuisten hengitystiesairauksien aiheuttaja ja edistävän virusten selviytymistä huoneilmassa (Wolkoff 2018, s. 377–387).

Yleisesti vallalla on ajattelutapa, jonka mukaan lisäämällä huippumuriin lämmön talteenottojärjestelmän voi säästää jopa 50 % energiaa (Kiinteistölehti 2016; Pilto 2018). Ilmaston lämpenemiseen vaikuttavassa rakennuksen kokonaisenergiankulutuksessa tulee kuitenkin ottaa huomioon myös energian säästämiseen kulutettu energia, energian säästämisen rakennettavan järjestelmän tuottamiseen kuluva energia ja järjestelmän lyhyen elinkaaren ja purkamisen aiheuttama energiankulutus. Kuva 7 havainnollistaa tutkitavan ajanjakson kerrostalokannan vuosikymmenittäin kohonneutta sähköenergiankulutusta.

Toteutunut energiankulutus osoittaa, ettei 2010-luvulla rakennettujen lämmön talteenotolla varustettujen rakennusten keskimääräinen energiankulutus ole yhtä alhainen kuin 1930–40-lukujen painovoimaisesti ilmastoitujen rakennusten. Laskelmissa toteutuneet säästöt ja toteutunut käytännön kulutus eivät kohtaa toisiaan.



TOTEUTUNEITA ENERGIAANKULUTUKSIA ERI VUOSIKYMMENINÄ VALMISTUNEESSA KERROSTALOKANNASSA SUOMESSA ENERGIAMUOTOKERTOIMIN KORJATTUNA (TIEDOT KOOTTU KULUTUSJAKSOILTA 2004, 2005, 2010 JA 2014)

Kaukolämmön kulutus = lämpöindeksi normaalivuoteen korjattuna. Ei sisällä muita lämmönlähteitä eikä kaukojäähdytystä.

Kiinteistösähkö käsittää talotekniikan, kuten koneellisen ilmanvaihdon ja hissit.

Valtioneuvoston asetuksen 9/2013 mukaiset energiamuotojen kertoimet ovat kaukolämmön osalta 0,7 ja sähkön 1,7.

Mittaustiedot: Talokeskus Yhtiöt Oy - Taulukointi: Ransu Helenius 2016

**Kuva 7** Toteutuneita energiankulutuksia eri vuosikymmeninä valmistuneessa kerrostalokannassa.

# 3 Painovoimaisen ilmanvaihdon mahdollisuudet

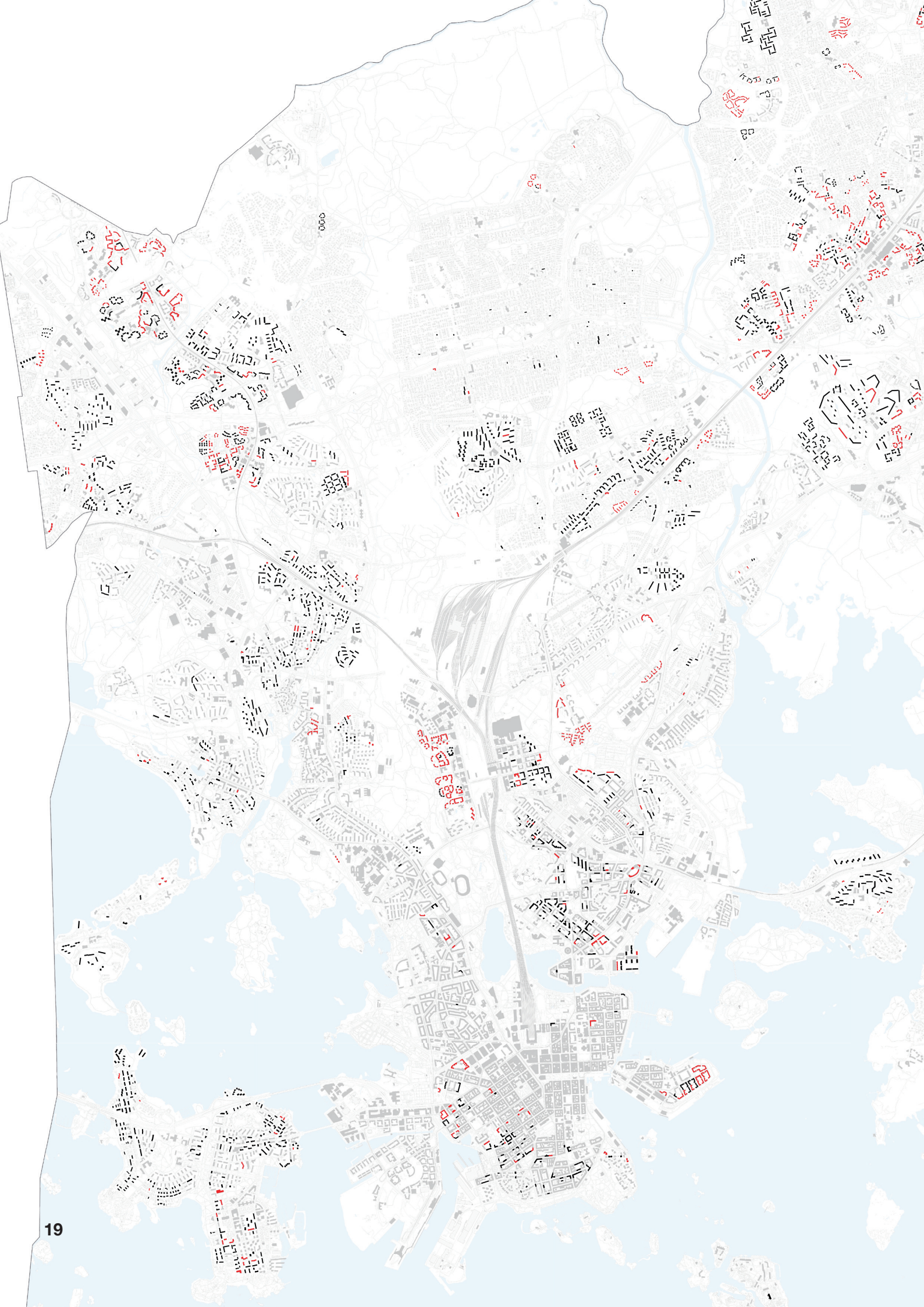
## 3.1 Aineisto ja menetelmät

Tilastollisena tutkimusaineistonani ovat Helsingin seudun 1960–1989 rakennetut asuinkerrostalot, jotka on valittu suuren otannan ja aineiston helpon saatavuuden perusteella. Aineisto on koostettu avoimesta datasta *Helsingin kaupungin rakennusrekisteriote* (Helsingin kaupunki 2012). Aineisto kattaa 4 380 vuosina 1960–1989 rakennettua asuinkerrostaloa (kuva 8). Rinnastan Helsingin kaupungin avoimen datan rakennusten tietoja Kaasalaisen ja Huuhkan (2016) tutkimukseen ajanjakson yleisistä asuntopohjista.

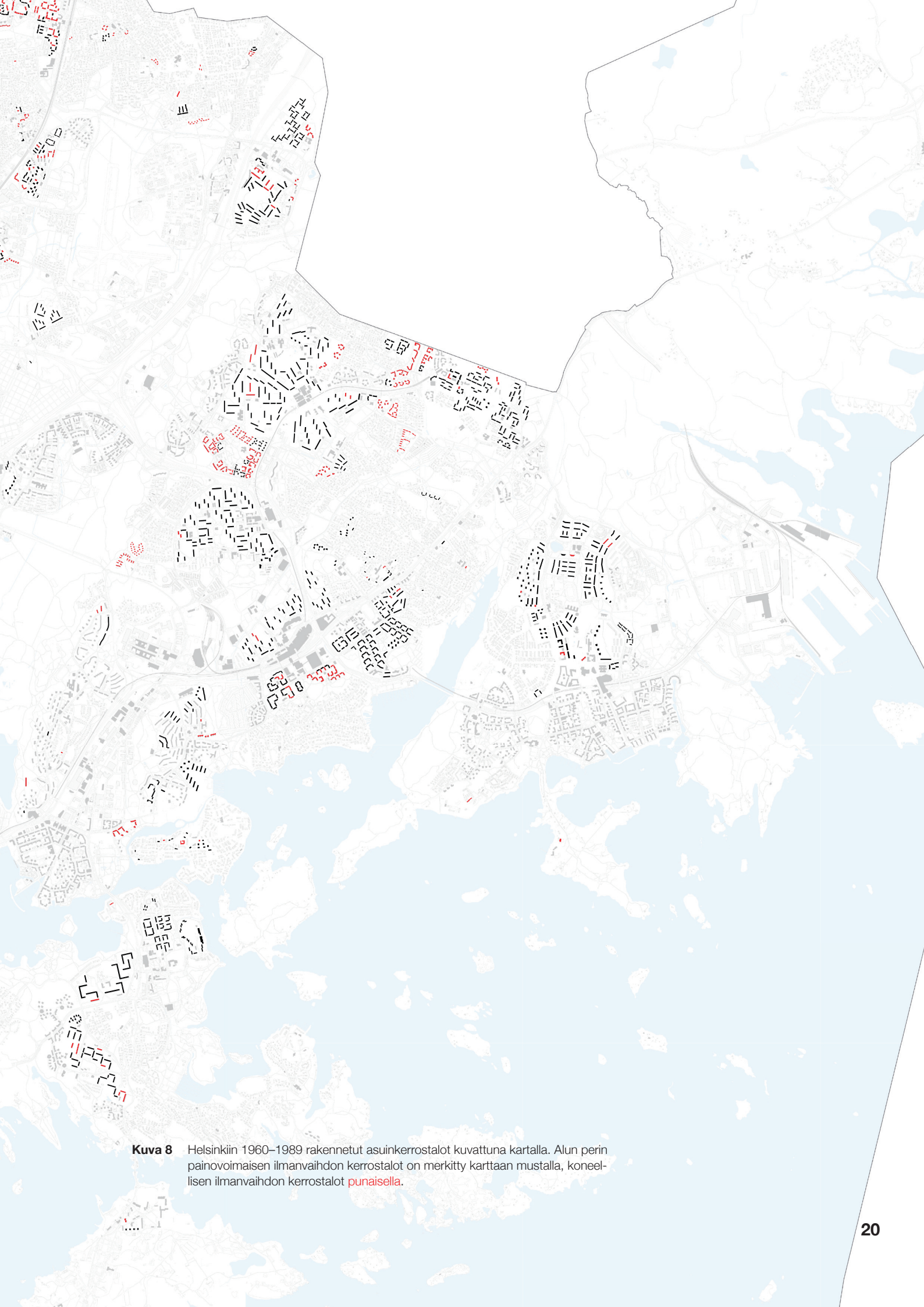
Tutkin asuntopohjien ominaisuuksia verrattuna nykyisiin ilmanvaihdon vaatimuksiin, tutkimuskysymyksenä peruskorjauksessa valitun ilmanvaihtoratkaisun kilpailukyky ja soveltuvuus rakennuskantaan. Tavoitteenani on havainnollistaa painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän edellytyksiä.

Helsingin kaupungin (2012) avoimen datan tilastollisessa tiedossa rakennusten ilmanvaihtojärjestelmistä ennen 1980-luvun rakennuksia on epätarkkuuksia. Avointa dataa on käytetty tutkimuksessa suurpiirteisenä hahmottamisen työkaluna eikä laskelmien lähtöarvona. Itse laskelmat pohjautuvat nykyisiin ilmanvaihdon ohjearvoihin, eivätkä käytettyjen huoneistoalojen epätarkkuudet toleransseineen vaikuta laskelmien lopputuloksiin.









**Kuva 8** Helsinkiin 1960–1989 rakennetut asuinkerrostalot kuvattuna kartalla. Alun perin painovoimaisen ilmanvaihdon kerrostalot on merkitty karttaan mustalla, koneellisen ilmanvaihdon kerrostalot punaisella.

## 3.2 Asuntokannan ilmanvaihdon realiteetit

Tässä alaluvussa avataan 1960-luvun asuntojen ominaisuuksia ja käydään läpi, kuinka painovoimainen ilmanvaihto soveltuu tarkasteltavaan asuntokantaan. Toisin kuin usein ajatellaan, ilmanvirtojen suunnitteluarvot ovat nykyään löyhempiä kuin 1940-luvulla (taulukko 2). Tämä tarkoittaa, että painovoimaisen ilmanvaihdon arkkitehtisuunnittelun tulisi nykysäädöksillä olla helpompaa kuin 1900-luvun alkupuolella. Kuitenkin, kuten alaluvussa 2.2. todetaan, ilmanvaihto on siirtynyt 1960-luvulla pääosin koneelliseksi ja tämä on suppeuttanut myös arkkitehtien käytännön tietotaitoa.

Ilmanvaihdon suunnittelussa merkittävä tekijä on ilman vaihtuvuus. Jotta nykyisten suositusten mukainen vaihtuvuus toteutuisi 1960–1980-lukujen kerrostaloissa, tarvittaisiin huoneisto-kohtaisia painovoimaisen ilmanvaihdon korvaus- ja poistoilmaa taulukon 3 mukaisesti. Painovoimaisen ilmanvaihdon vaatima poistohormiston koko kasvaa kerrosluvun mukaan, koska joka kerros lisää kanavistoon uusia hormoneja. Tutkittavan ajanjakson kerrostalokannasta 75 % on alle nelikerroksista (kuva 9), jolloin hormiston vaatima tila jää kohtuulliseksi. Painovoimainen ilman-

**Taulukko 2**

Ilmavirtojen suunnitteluarvoja Suomessa vuosikymmenittäin. Asuinhuoneen suositeltu ilmavirta on nykymääräyksissä 6 l/s/henkilö.

Vuosi		Ilmavirrat (l/s)		
		Keittiö	Kylpyhuone	WC
1940	Rakentajain kalenteri	30,6	8	8
1978	D2	22	16	16
1987	D2	20	15	10
2012	D2 (voimassa)	8 (/tehostus 25)	10 (/tehostus 15)	7 (/tehostus 10)

vaihdon kierresaumahormisto olisi mitoituksellisesti perusteltua (kuva 10) suuressa osassa 1960–1980-lukujen asuntopohjissa, vaikkakin koneellista hormistoa laajempaa.

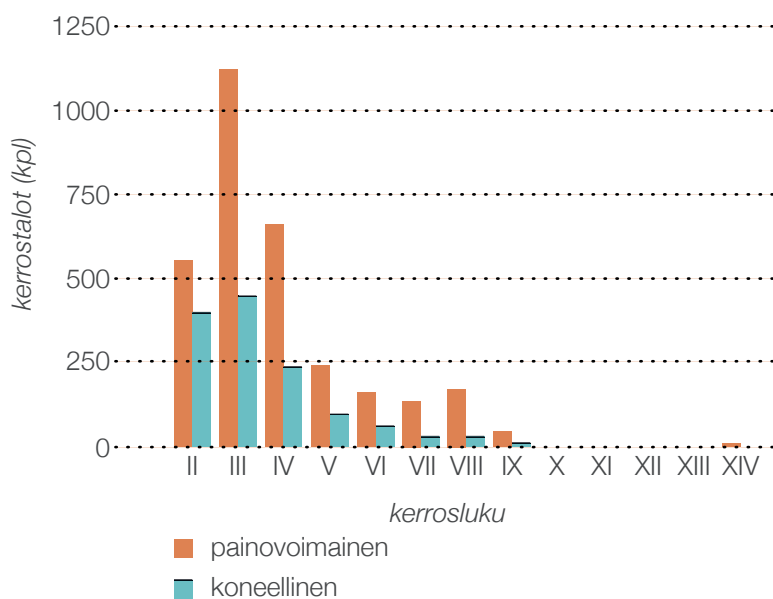
Teoreettisessa tarkastelussa on huomioitava, ettei kierresaumahormeilla ole painovoimaisen ilmanvaihdon kannalta toimintaa tehostavaa lämmönvarauskapasiteettia samoin kuin tiilistä muuratuilla hormoneilla. Hormien mitoitus on selostettu liitteessä 2. Tämän lisäksi on vaatehuoneen (CL) kasvaneet hormit on mitoitettu joka huoneistolle erikseen. Alkuperäisessä muodossaan hormit on usein toteutettu yhteiskanavajärjestelmällä (Palonen s. 464–465) joka on aiheuttanut äänivuotoja huoneistojen välillä. Kuvatussa painovoimaisessa huoneistokohtaisessa hormissa vastaavaa ilmiötä ei ole.

**Taulukko 3** Eri asuntotyyppien arvioidut koot ja niiden nykyvaatimusten mukaiset ilmapirrat. Taulukko on koostettu liitteestä 1. Liitteen 1 asuntopohjat on koostettu tutkimuksesta Kaasalainen & Huuhka 2016 ja huonekohtaiset ilmapirrat laskettu tätä tutkimusta varten.

Tunnus	Huoneistoala (m <sup>2</sup> )	Korvausilma (l/s)	Poistoilma (l/s)
1-1A	28,0	24	24
1-1B	25,0	18	18
1-2	27,5	18	18
2-1A	42,5	20	20
2-1B	45,0	24	24
2-1C	43,5	20	20
2-2	45,5	24	24
2-3A	37,0	24	24
2-3B	42,0	20	20
2-3C	43,0	20	20
3-1A	58,5	28	28
3-1B	57,5	28	28
3-1C	59,0	28	28
3-2	55,5	28	28
3-3	51,0	28	28
4-1A	75,5	36	36
4-1B	73,0	36	36
4-2	69,0	36	36

Huolimatta siitä, että painovoimaisen ilmanvaihdon kierre-saumahormisto on mitoituksellisesti järkevää useissa huoneisto-pohjista, koneellisia kerrostaloja ei usein pystytä muuttamaan jäl-kikäteen painovoimaisiksi. Koneellisen ilmanvaihdon hormit ovat sisäläpileikkaukseltaan keskimäärin 10 % pienempiä kuin paino-voimaisen ja voivat sisältää pitkiä vaakasuuntaisia siirtymiä. Paino-voimaisten hormien vaakasiirtymät voivat olla enintään 10 % pys-tysiirtymästä (Kuuluvainen et al. 2018, s.11). Tässä tutkimuksessa myös oletan, ettei välipohjiin ole kannattavaa avata uusia hormoneja materiaalipäästöjen ja huoneistoalan pienentymisen takia. Olemas-sa olevan koneellisen ilmanvaihdon hormiston käyttäminen paino-voimaisena ei ole näistä ominaisuuksista johtuen usein mahdollista. Mitoituksellisesti useat painovoimaiset järjestelmät ovat muutetta-vissa koneellisiksi, mutta kuten alaluvussa 2.4. osoitettiin, tämä ei ole tulevaisuuden kannalta missään määrin järkevää.

Liite 1 osoittaa, kuinka asuntokannan pohjat yleisesti pe-rustuvat huonekohtaisen ilmanvaihdon sijaan siirtoilmaratkaisuihin. Siirtoilmaratkaisun toiminnalliseksi ongelma on, että jos asuntojen tulee kulkea ilmaa, sen läpi kulkee myös ääntä. Jos ilmanvaihto on toteutettu tilakohtaisesti, siirtoilmareittejä on huomattavasti vähem-män. Tilakohtainen painovoimainen ilmanvaihto olisi näin ääniteknii-sesti siirtoilmaratkaisua kehittyneempi valinta.



**Kuva 9** Helsinkiin vuosina 1960–1989 rakennetut asuinkerrostalot kerrosluvun mukaan.



**Kuva 10** Painovoimaisen ilmanvaihdon kierresaumahormien vaatima mitoitus kuvattuna 1960–1980-lukujen yleisimpiin asuntopohjiin nelikerroksisessa kerrostalossa sinisellä.



### 3.3. Asuntojen ilmanvaihdon kehittäminen

Tässä alaluvussa käsitellään ratkaisumahdollisuuksia sisäilman parantamiseksi tutkittavan ajanjakson asuinkerrostaloissa. Ratkaisumahdollisuudet on esitelty merkittävyyssjärjestyksessä ja toimenpiteiden kustannusarviot on koottu alaluvun loppuun.

#### **Riittävän korvausilman tuominen asuntoihin**

Kohderyhmä: koko rakennuskanta

Tutkittavien asuntotyyppien riittävän korvausilman laskennallisia määriä on käsitelty alaluvussa 3.2 ja niiden puutteellisuuden sisäilmaan aiheuttamia ongelmia alaluvussa 2.2. Lämmityskaudella ilmavirta ulkoilmalaitteiden läpi on kesäkauteen verrattuna jopa kymmenkertainen (Andersson, 13.9.2018), joten venttiilit on varustettava laajalla säätömahdollisuudella. Yksi toteutustapa on asentaa kaksi venttiiliä, joista toinen on suuren ilmavirran venttiili esimerkiksi lautas- tai kippiventtiili ja toinen pienen ilmavirran venttiili, kuten rakoventtiili (Kuuluvainen et al. 2018, s. 8). Huonekohtaisen korvausilman säätömahdollisuus antaa asukkaalle mahdollisuuden vaikuttaa sisäilman vaihtuvuuteen omien mieltymystensä mukaisesti. Säätömahdollisuus myös estää, ettei liiallinen ilmanvaihto kuivaa huoneilmaa lämmityskaudella epäterveellisen kuivaksi.

Alaluvussa 2.3 mainitut ääneneristys- tai suodatustekijät eivät suuressa osassa tutkittavaa asuntokantaa estä ulkoilmalait-

teiden asennusta. Suurin osa Helsingin 1960–80-lukujen asuinkerrostaloista ei sijaitse suoraan valtaväylien varsilla, vaan matalan melun vyöhykkeillä (kuva 11). Näin ollen ulkovaipan ääneneristykelliset heikkoudet eivät ole ulkoilmalaitteiden asentamisen osalta ensisijainen ongelma.

Lähtökohtaisesti Suomen ulkoilman on laadultaan WHO:n kansainvälisten mittausten mukaan maailman parasta (Ilmatieteen laitos 2018) eikä vaadi suodattamista. Pienhiukkasten määrä tutkimuksen mukaan Suomen ulkoilmassa on keskimäärin  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , eli 88 % vähemmän kuin suodatetun sisäilman laatuvaatimukset edellyttävät ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Vilkkaan ajoneuvoliikenteen alueella, kuten pääkaupunkiseudulla päästöt ovat taustan tasolla yli 200 metrin etäisyydellä vilkkaista teistä ja asuinkerrostalojen suositusetäisyydeksi vilkkaista teistä riittää 150 metriä (Uudenmaan ELY-keskus 2015, s. 21). Helsingin seudulla suurin osa tutkittavasta asuinkerrostalokannasta on yli 200 metrin päässä vilkkaista teistä (kuva 12). Voidaan todeta, ettei ulkoilman suodatuksen tarve liikennepäästöjen takia ei ole suurimmassa osassa 1960–1980-lukujen asuinkerrostaloista oleellista.

## Poistoilmahormien huolto

Kohderyhmä: koko rakennuskanta

Poistoilmanvaihdon hormien puhtaus, eheys ja sisäpinnan sileys ovat merkittäviä poistoilman toiminnan kannalta. Huonetilan lievä alipaineisuus estää rakenteellisia kosteusvaurioita. Tutkittavan rakennuskannan osalta poistoilmahormit on syytä puhdistaa ja venttiilit säätää 7–10 vuoden välein. Kuten alaluvussa 2.2. todettiin, rakennuskannan myöhemmissä remonteissa korvausilmat tai poistoilmahormeja on tukittu, joka on olennaisesti vaikuttanut ilmanvaihdon toimintaan.



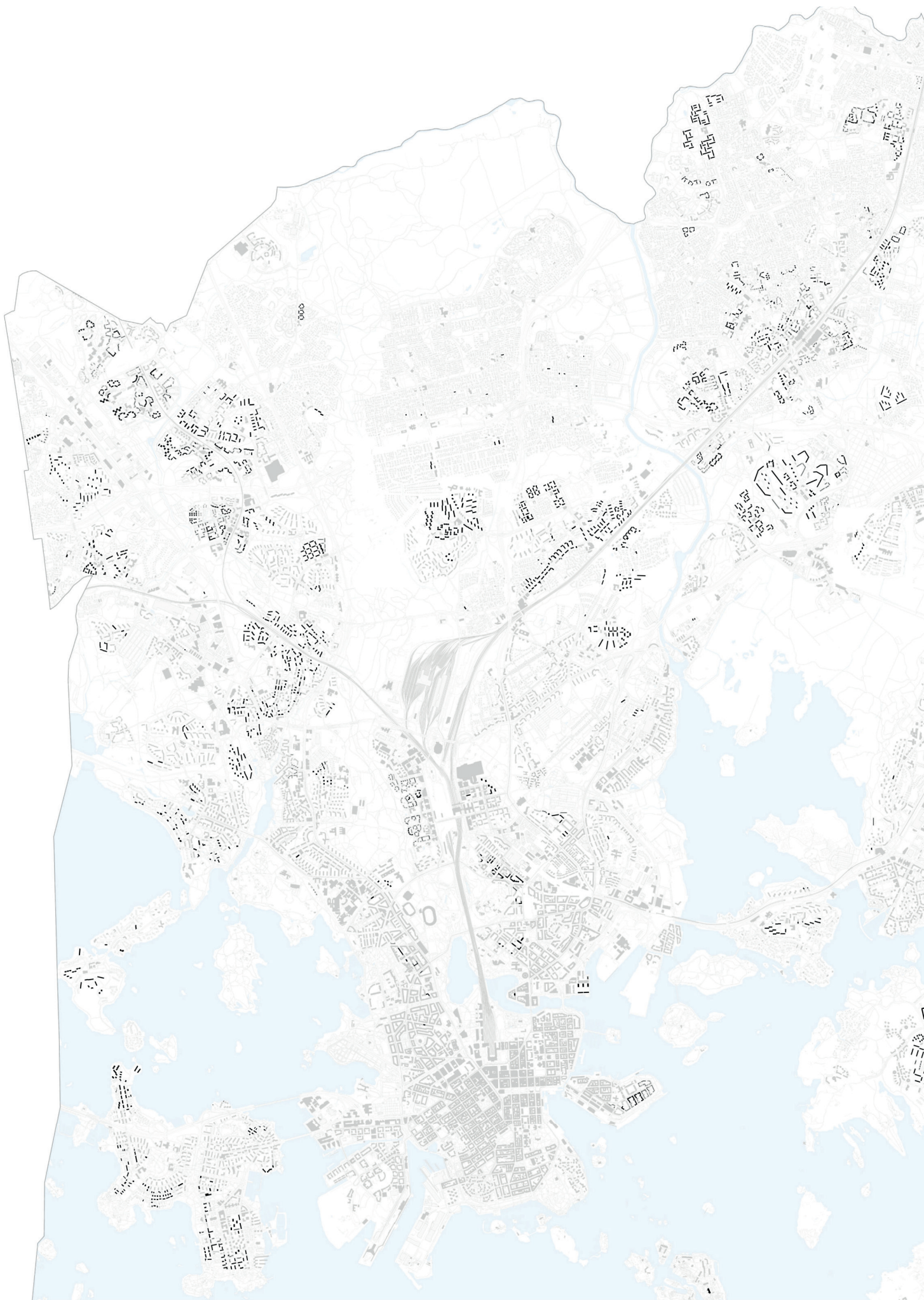




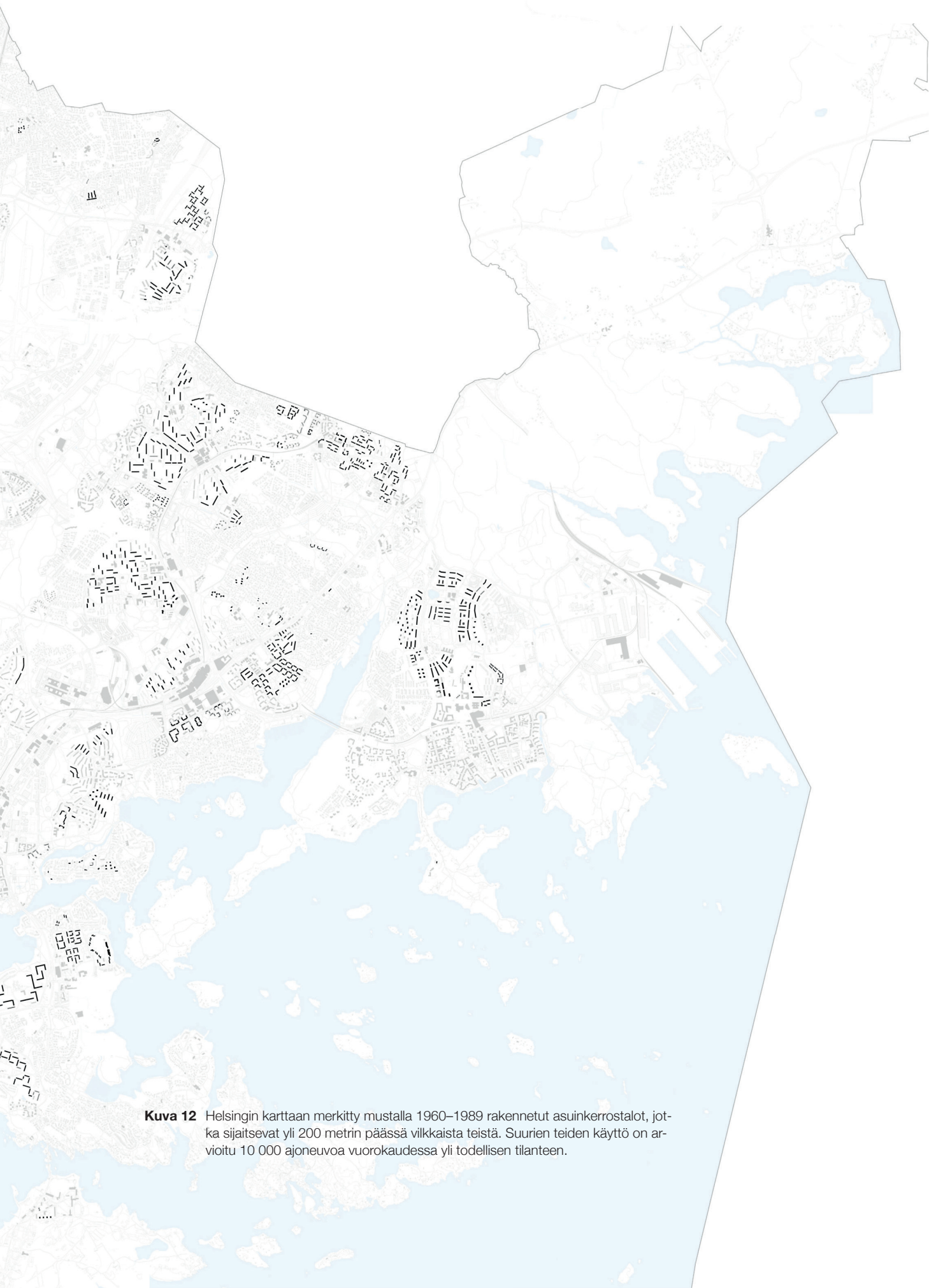


**Kuva 11** Kooste Helsingin 1960–1989 rakennetuista asuinkerrostaloista rinnastettuna vuoden 2017 kansallisen meluselvityksen tuloksiin.









**Kuva 12** Helsingin karttaan merkitty mustalla 1960–1989 rakennetut asuinkerrostalot, jotka sijaitsevat yli 200 metrin päässä vilkkaista teistä. Suurien teiden käyttö on arvioitu 10 000 ajoneuvoa vuorokaudessa yli todellisen tilanteen.

## Poistoilmapuhaltimen huolto tai uusiminen

Kohderyhmä: alun perin koneellisen poiston kerrostalot

Kuten alaluvussa 3.2 todettiin, koneellisen hormiston muuttaminen painovoimaiseksi on usein mahdotonta. Jos poistopuhallin on alkuuperäinen, on sen huolto tai uusiminen syytä tutkia. Alun perin painovoimaiseen järjestelmään ei ole syytä lisätä poistoilmapuhallinta, mutta olemassa olevan vanhan puhaltimen uusiminen kiero-lukupohjaiseksi on energiankulutuksen vähentämiseksi mahdollista. (Palonen, s. 467) On varottava, ettei uusi tehokas puhallin luo asuntoihin vahvaa alipainetta ja rakennusaineiden päästöt huoneilmaan täten lisäännä.

**Taulukko 4**

Asuintalojen ilmanvaihdon kehitysehdotusten kustannusarviot koottuna artikkelista Asuntoilmanvaihto (Palonen s. 465–467).

Työ Kustannusarvio	
Kanaviston puhdistus	50-85€ /asunto
Poistoilmaventtiilien säätö, uusiminen	25€ /venttiili
Poistoilmakanavan kunnostaminen	60€ /m (sujutusmenetelmä)
	100-2000€ /m (massausmenetelmä)
Poistopuhaltimen uusiminen	1700-3000€ /kpl 0,5m <sup>3</sup> ilmamäärän puhallin
	2500-4000€ /kpl 1m <sup>3</sup> ilmamäärän puhallin

### 3.4 Ilmanvaihtoratkaisun vaikutus rakennuksen elinkaareen

Jotta ilmanvaihtoratkaisuiden keskinäinen vertailukelpoisuus ei jäisi ilmavirtojen ja yksittäisten kustannustekijöiden tasolle, on syytä käsitellä ilmanvaihtoratkaisun merkitystä suuressa mittakaavassa osana koko rakennuskannan huoltotarvetta ja elinkaarta.

Painovoimaisen ja koneellisen tulopoistojärjestelmien keskinäisiä ominaisuuksia tutkitaan usein hetkellisessä mielessä, mitaushetken mukaisena laskennallisena ilmiönä. Tämän sijaan ilmanvaihtojärjestelmää tulee ensi sijassa sen vikasietoisuuden, huoltotarpeen ja elinkaaren kautta.

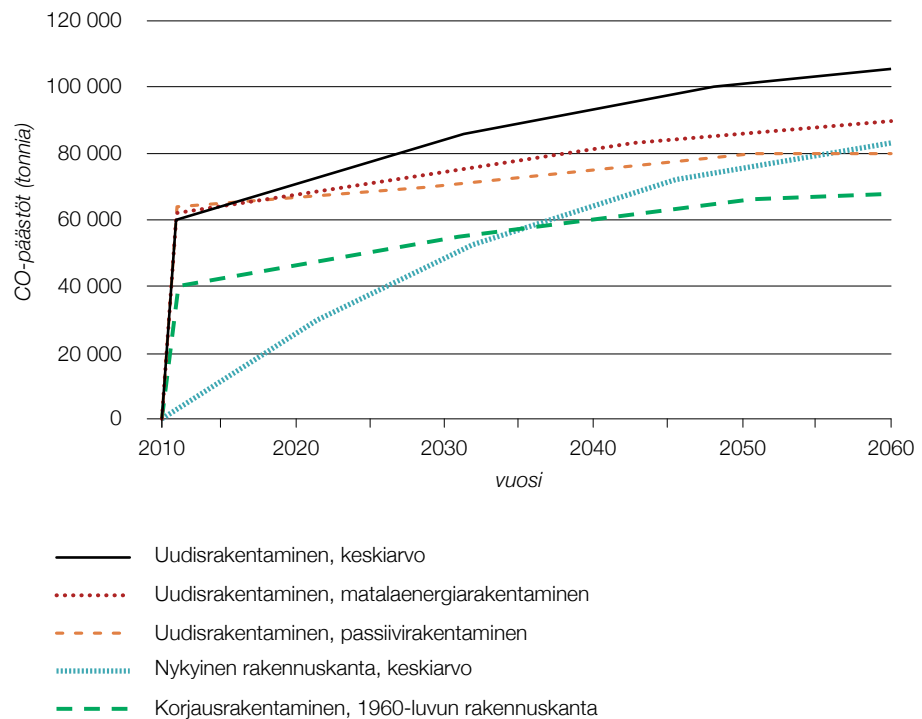
Eduskunnan tarkastusvaliokunnan mietintö (TrVM 2013, s.19) toteaa *"On huolestuttavaa, että hometutkimuksen mukaan ilmanvaihtojärjestelmien kunnossapito ja puhdistus on täysin moitteetonta vain 5–10 %:ssa järjestelmistä."* Arvio perustuu yli sataan kuultuun asiantuntijatahoon. Toisin sanoen 90–95 % rakennetuista ilmanvaihtojärjestelmistä jää vaille tarpeellista kunnossapitoa. Huoltotarvetta on vertailtu taulukossa 5.

**Taulukko 5** Eri ilmanvaihtojärjestelmien huoltotarve rinnastettuna. Koottu artikkeleista (Palonen s. 465; Westman 2014, s.43–58; Omataloyhtiö 26.6.2018)

Järjestelmä	Painovoimainen	Koneellinen poisto	Koneellinen tulopoisto lämmön talteenotolla
Huoltokohde ja ohjeellinen huoltoväli	Kanavien puhdistus 10 v	Kanavien puhdistus ja venttiilien säädöt 10 v	Kanavien puhdistus ja venttiilien säädöt 10 v
		Puhaltimen huolto 7-10 v.	suodattimen vaihto 6-12 kk
			säätö, tekninen huolto 1-2 v
<b>Huoltokertoja 150 vuodessa</b>	15 huoltokertaa	30-37 huoltokertaa	240 - 465 huoltokertaa

On olennaista huomata, että kevyen huoltotarpeen painovoimainen järjestelmä vaatii 150 vuoden aikana ohjeellisilla huoltoväleillä vain 3–6 % koneellisen tulonpoiston vaatimasta huollosta. Esimerkiksi 15 vuoden ajan kertynyt ilmanvaihdon huoltotoimenpiteiden laiminlyönti ei juuri vaikuta painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuuteen, heikentää koneellisen poiston toimivuutta jonkin verran ja muodostaa koneellisesta tulonpoistojärjestelmästä ennakoimattoman rakenneteknisen riskin.

Olemassa olevan 1960–1980-lukujen rakennuskannan elinkaaren pidentäminen on tulevaisuuden kannalta ympäristöystävällisin valinta (kuva 13). On siis syytä tiedostaa, että rakennuskannan ilmanvaihtoratkaisun ensisijainen tehtävä pidentää tutkittavan rakennuskannan elinkaarta. Tämän tavoitteen saavuttamiseen huolellisesti suunnitellun ja toteutetun painovoimaisen ilmanvaihdon ominaisuudet sopivat koneellisiin järjestelmiin verrattuna ylivertaisesti.



**Kuva 13** Uuden asuinalueen rakennuskantojen kumulatiiviset kasvihuonepäästöt vertailtuna vuoteen 2060 asti.

## 4 Tutkimustulokset

Moniongelmaiset 1960–80-lukujen asuinkerrostalot ovat tilastollisen aineiston mukaan suurelta osin painovoimaisia, vaikka pohjaratkaisullisesti ja rakenteellisesti niiden toiminta on suunniteltu poistoilmapuhallinavusteisiksi. Tutkittavat sisäilmaongelmat perustuvat suurelta osin hetkellisten kustannussäästöjen mukaan valittuihin elinkaareltaan rajattuihin rakenne- ja ilmanvaihtoratkaisuihin, joiden käyttöä jatketaan yhä nykyisessä rakennuskannassa.

Koneellisen rakennuskannan muuttaminen painovoimaiseksi ilman uusien reikien avaamista välipohjiin ei usein ole mahdollista. Ongelmistaan huolimatta tutkittu rakennuskanta kattaa yli puolet Suomen asuinkerrostalokannasta, eikä sen purkaminen ja uudelleenrakentaminen nykyisiä rakennustapoja käyttäen ole kestävä kehityksen mukaista. Ympäristöystävällisiä ratkaisuja etsittäessä pääpaino on keskitettävä 1960–80-lukujen asuinkerrostalokannan elinkaaren pidentämiseen hetkellisten säästöjen tavoittelun sijaan.

Tutkitun rakennuskannan ilmanvaihtoratkaisujen ylläpito ja kehittäminen vaatii korvausilmareittien avaamista ja poistoilmanvaihdon toimivuuden jatkuvaa ylläpitoa. Suuri osa tutkitusta asuinkerrostalokannasta sijaitsee matalan melun alueella, joka on uusien korvausilmareittien avaamisen kannalta edullista. Olemassaolevan hormiston korjaaminen on verrattain edullista. Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän huoltotarve on koneellisiin verrattuna hyvin vähäinen ja sen vikasietoisuus on erittäin korkea.

Olemassa olevien painovoimaisten kerrostalojen muuttamista koneelliseksi on vältettävä ja energiankulutuksen sekä tut-

kitun ajanjakson kerrostalojen muodostaman kaupunkirakenteen purkavaa uudistamista tarkasteltava hetkellisiä taloudellisia hyötyjä laajemmasta perspektiivistä. Poistoilman lämmön talteenotto ei ole huolellisesti tarkasteltuna 1960–80-lukujen rakennuskannan ilmanvaihdon ja ympäristöystävällisyyden kehittämiseen kuuluva keino nyt eikä tulevaisuudessa.



## 5 Johtopäätökset ja suositukset

1960–80-lukujen asuinkerrostalokannan tavoin sijoitetussa rakennuskannassa painovoimaisen ilmanvaihdon suunnittelu ei ole koneellista ilmanvaihtoa monimutkaisempaa. Edes matala 2,5 metrin huonekorkeus, tai asuintottumusten muutokset märkätiloissa ja niiden ilmanvaihdossa eivät ole vaikeuttaneet painovoimaisen ilmanvaihdon suunnittelua 1940-luvulta tähän päivään. Sen sijaan suunnittelua ovat rajoittaneet eritoten 2000-luvun alun energiatehokkuuslaskentavaatimukset, joita on nykyään muokattu painovoimaiselle ilmanvaihdolle myönteisemmiksi. Käytännön toteutusten harvinaisuuteen voi vaikuttaa arkkitehtien unohtunut tietotaito ilmanvaihtojärjestelmän vaatimuksista ja ilmanvaihdon palvelualueiden toteutuksesta.

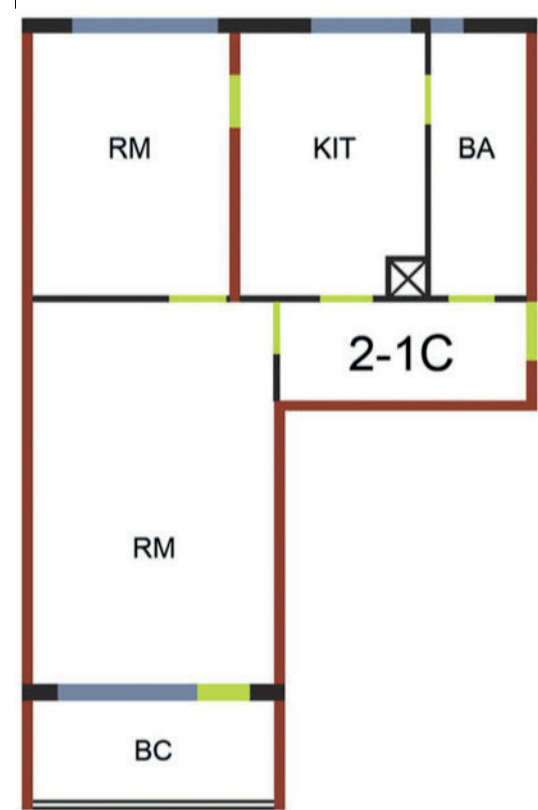
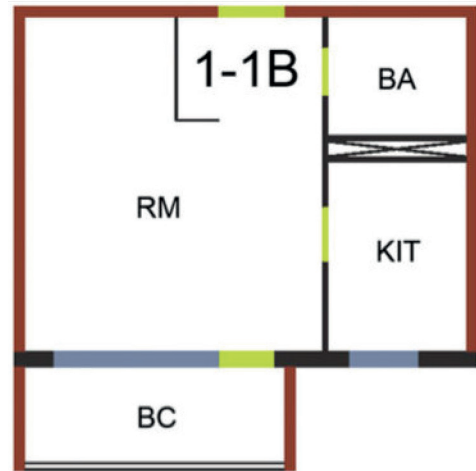
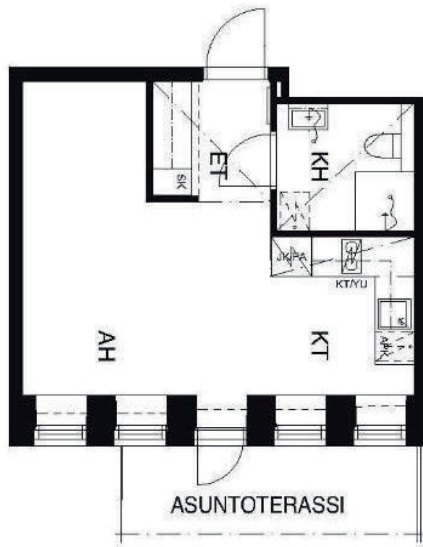
Ensisijaisen tärkeää on huomioida painovoimaisen ilmanvaihdon edellytykset, kuten ylimmän kerroksen hormin korkeus suunnittelun lähtökohtina. Jälkikäteen painovoimaisen järjestelmän lisääminen suunnitelmiin on erittäin vaikeaa.

Painovoimaisen ilmanvaihdon hormisto ei ole keskikorkeassa rakennuskannassa este tai tuhlailevaa tilankäyttöä verrattuna koneellisiin vaihtoehtoihin. Kun tarkastellaan olemassa olevan rakennuskannan toteutunutta energiankulutusta, voidaan havaita, ettei koneellisen ilmanvaihdon laskennallinen ympäristöystävällisyys ole havaittavissa toteutuneessa rakennuskannassa. Asennettujen koneellisten järjestelmien nykyistä vakavaa huoltovajetta, korkeaa huoltotarvetta tai elinkaarta ei oteta esiin vertailtaessa eri ilmanvaihtojärjestelmien energiatehokkuutta. Olemassa olevan rakennuskannan elinkaaren pidentäminen on huomattavasti vähä-

päästöisempää kuin sen purkaminen ja korvaaminen uudella.

On huomioitava, että 1960–80-lukujen massatuotanto ja ilmanvaihdolliset ratkaisut ovat jättäneet jälkensä myös tämän päivän kerrostalokantaan ja asuntosuunnitteluun (kuva 14). Vaarana on, että valmistuvan rakennuskannan kaunis ulkoasu kätkee taakseen samoja perustavanlaatuisia ilmanvaihdollisia ja rakenteellisia ongelmia kuin mitä on havaittu 1960–80-lukujen asuinkerrostaloissa. Ilmanvaihtojärjestelmät ovat siirtyneet 1960-luvusta kohti vaikeammin ylläpidettäviä järjestelmiä, joiden käytännön energiasäästöt eivät ole suuressa mittakaavassa todettavissa.

Tulevan suunnittelun suuntaviivoiksi kehoitettakoon yksinkertaisuutta, pitkän elinkaaren edellyttämien seikkojen, kuten harjakaton huomioon ottamista, vikasietoisten ratkaisujen suosimista ja rohkeutta kyseenalaistaa vallalla olevia ongelmallisiksi osoittautuneita ilmanvaihtokäytäntöjä.



**Kuva 14** 2019–2020 valmistuvia asuntoja (vasemmalla) rinnastettuna 1960–80-lukujen asuntojen perusyyppeihin (oikealla). Asunnoissa on havaittavissa yhteneväisiä tilallisia ja ilmanvaihdollisia ratkaisuja.

# Lähteet

## Kirjallisuus ja painetut julkaisut

Alatalo, E. (toim.). 2012. Hurmaava lähiö. Energiatehokas lähiökorjaaminen -hankkeen loppujulkaisu. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Arkkitehtuurin laitos. 150 s. ISBN 978-952-15-2797-5.

Beiron, J. 2010. Drifterfarenheter från en energieffektiv skola. Karlstad: Karlstads Universitet. 30 s. Arbetsrapport.

Heikkinen et al. 2002. Toimistorakennusten hybridi-ilmanvaihto. Espoo: VTT. 113 s. VTT tiedotteita 2179. ISBN 951-38-6109-0.

Heinonen et al. 2011. A Longitudinal Study on the Carbon Emissions of a New Residential Development. Espoo: Aalto University, School of Engineering. Sustainability 2011, vol. 3, no. 8. S. 1170–1189. ISSN 2071-1050.

Hellsten, J. 2014. Kulttuurihistoriallisesti arvokkaan asuinkerrostalon peruskorjaus – ratkaisumalleja ilmanvaihdon parantamiseen. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu. Espoo. 108 s.

HSY. 2018. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2017. Helsinki: Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä. 79 s. HSY:n julkaisuja 2/2018. ISSN 1798-6087.

Huuhka, S. & Lahdensivu, J. 2016. Statistical and geographical study on demolished buildings. Tampere: Tampere University of Technology. Building Research & Information, vol. 44, no. 1. S. 73–96. ISSN: 0961-3218. Saatavissa: DOI: 0.1080/09613218.2014.980101

Ikäheimo, M. 2003. Helsinkiläisten asuntojen ilmanvaihto-ongelmista. Helsinki: Helsingin kaupungin ympäristökeskus. 38 s. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 6/2003

Jauhiainen, J. 2017. Purkava lisärakentaminen. Kooste arviomuis-tiosta ja selvityksestä saaduista lausunnoista. Helsinki: Oikeusmi-nisteriö. 66 s. Oikeusministeriön julkaisuja 29/2017. ISBN 978-952-259-602-4.

Jokiranta et al. 2005. Ruusutorpan koulun puhallinavusteinen pai-novoimainen ilmanvaihto. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, kone-tekniikan osasto, LVI-tekniikan laboratorio. 45 s. ISBN 951-22-7535-X.

Kaasalainen, T. & Huuhka, S. 2016. Homogenous homes of Fin-land: 'standard' flats in non-standardized blocks. Building Re-search & Information, vol. 44, no. 3. S. 229–247. ISSN 0961-3218. Saatavissa: DOI: 10.1080/09613218.2015.1055168)

Korkala, T. & Karvonen, M. 1987. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaedellytykset. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio. 163 s. ISSN 951-754-008-6.

Mäkiö et al. 2016. Kerrostalot 1960–1975. 2. painos. Helsinki: Ra-kennustieto Oy. 288 s. ISBN 978-952-267-118-9.

Mattila, L. 2014. Tulevaisuuden kerrostalo. Diplomityö. Aalto-yli-opisto, Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu, Arkkitehtuurin laitos. Espoo. 62 s.

Neuvonen et al. 2015. Kerrostalot 1975–2000. Helsinki: Rakennustieto Oy. 117 s. ISBN 978-951-682-883-4.

Ripatti, H. 2005. Luonnollinen hybridi-ilmanvaihto. Helsinki: Rakennustieto Oy. 55 s. ISBN 951-682-766-7.

Säynäjoki et al. 2012. A scenario analysis of the life cycle greenhouse gas emissions of a new residential area. *Environmental Research Letters*, vol. 7, no. 3. S. 1–10. Saatavissa: DOI: 10.1088/1748-9326/7/3/034037

Seppänen, O. & Seppänen, M. 1996. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Helsinki: Sisäilmayhdistys. 279 s. ISBN 951-97186-5-6.

Toivola, C. 2013. Uudistava täydentäminen – purkava saneeraus. Helsinki: Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. 33 s. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2013:9.

TrVM. 2013. Tarkastusvaliokunnan mietintö 1/2013 vp: Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Helsinki: Eduskunnan tarkastusvaliokunta. 30 s. TrVM 1/2013 vp - M 5/2013 vp.

Westman, M. 2014. Poistoilman lämmön talteenotto – kannattavuus ja käyttömahdollisuudet kaukolämpökerrostaloissa. Opinnäytetyö. Arcada. Helsinki. 77 s.

Wolkoff, P. 2018. Indoor air humidity, air quality, and health – An overview. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, vol. 221, no. 3. S. 376–390. Saatavissa: DOI: 10.1016/j.ijheh.2018.01.015.

## Verkkojulkaisut

Helsingin kaupunki 2012. Helsingin kaupungin rakennusrekisterin ote 6/2012 [verkkoaineisto]. [viitattu 02.10.2018]. Saatavissa: <https://www.avoindata.fi/data/fi/dataset/helsingin-kaupungin-rakennusrekisterin-ote-6-2012>.

Helsingin ympäristötilasto 2017. Helsingin kaupungin rakennusten energian ominaiskulutus vuodesta 2005 [verkkoaineisto]. [viitattu 14.9.2018]. Saatavissa: [http://www.helsinginymparistotilasto.fi/graph/Graphpage.aspx?ma=E21\\_kaup\\_rakennus\\_tyypeittain&path=../QUICKTABLES/00KUVIOT/ENERGIA/&ssid=1809141025251&Gedit=False&case=qt&ACTION=#top](http://www.helsinginymparistotilasto.fi/graph/Graphpage.aspx?ma=E21_kaup_rakennus_tyypeittain&path=../QUICKTABLES/00KUVIOT/ENERGIA/&ssid=1809141025251&Gedit=False&case=qt&ACTION=#top).

Ilmatieteen laitos. 2018. Suomi WHO:n ilmanlaatuilaston kärjessä (verkkojulkaisu). [viitattu 13.11.2018] Saatavissa: <https://ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/524194286>

Kiinteistölehti 2016. Lämmön talteenotto tuo säästöjä [verkkoaineisto]. [viitattu 22.10.2018]. Saatavissa: <https://www.kiinteistolehti.fi/lammon-talteenotto-saastoja/>.

Liikennevirasto. 2017. Liikennemäärät 2017 [verkkoaineisto]. [viitattu 6.11.]  
Saatavissa: <https://julkinen.liikennevirasto.fi/webgis-sovellukset/webgis/template.html?config=liikenne>.

Omataloyhtiö 2018. Milloin on aika puhdistaa kiinteistön ilmanvaihtokanavat? [verkkoaineisto]. [viitattu 2.11.2018]. Saatavissa: [https://www.omataloyhtio.fi/artikkelit/12270/ilmanvaihtokanavien\\_puhdistus.htm](https://www.omataloyhtio.fi/artikkelit/12270/ilmanvaihtokanavien_puhdistus.htm).

Palonen, J. Asuntoilmanvaihto [verkkoaineisto]. Helsinki: Rakennustieto. [viitattu 29.10.2018]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK040402.pdf>.

Pilto. 2018. Poistoilman lämmöntalteenotto [verkkoaineisto]. [viitattu 22.10.2018]. Saatavissa: <http://www.pilto.fi/poistoilman-lammontalteenotto>.

Rakennusteollisuus. Korjausvelka [verkkoaineisto]. [viitattu 11.10.2018]. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoalasta/Korjausrakentaminen1/Korjausvelka/>.

Tilastokeskus. Rakennukset (lkm, m<sup>2</sup>) käyttötarkoituksen ja rakennusvuoden mukaan 31.12. 2017 [verkkoaineisto]. [viitattu 12.9.2018]. Saatavissa: [http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_asu\\_\\_rakke/statfin\\_rakke\\_pxt\\_001.px/table/tableViewLayout2/?rxid=4b59c4f6-2f29-432f-9d5c-eeb2a3bc6ac6](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__asu__rakke/statfin_rakke_pxt_001.px/table/tableViewLayout2/?rxid=4b59c4f6-2f29-432f-9d5c-eeb2a3bc6ac6).

Ympäristöministeriö. 2017a. Rakennusten energiamuotokertoimet uudistettu [verkkoaineisto]. [viitattu 22.10.2018]. Saatavissa: [https://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/energiformsfaktorer-na-for-byggnader-har-setts-over](https://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset_publisher/energiformsfaktorer-na-for-byggnader-har-setts-over).

### **Ohjeet ja määräykset**

FINVAC ry. 2017. Opas asuinrakennusten ilmanvaihdon mitoittamiseen. [viitattu 13.11.2018] Saatavissa: [https://sulvi.fi/wp-content/uploads/2018/01/Opas-asuinrakennusten-ilmanvaihdon-mitoittamiseen\\_2017-11-30.pdf](https://sulvi.fi/wp-content/uploads/2018/01/Opas-asuinrakennusten-ilmanvaihdon-mitoittamiseen_2017-11-30.pdf)

Kuuluvainen et al. 2018. Painovoimainen ilmanvaihto -opas. [viitattu 13.9.2018] Saatavissa: <https://www.livady.fi/501/PVIV-OPAS.pdf>

Rakennustietosäätiö. 1940. Rakentajain kalenteri. Asuintalon ilmanvaihtojärjestelmä. Helsinki.

Rakennustietosäätiö. 1956. RT 574.11 Ilmanvaihtotenttiilit asuinrakennuksia varten luonnollisella ilmanvaihdoilla.



Rakennustieto. 2003. RT 08-10809 (LVI 10-10365) Rakennusten lämpöhäviöiden tasauslaskenta.

Rakennustieto. 2012. RT 08-11101 (LVI 10-10514) Rakennuksen lämpöhäviöiden tasauslaskenta.

RIL. 1966. Asuinrakennusten ilmanvaihtonormit.

Sisäasiainministeriö. 1978. Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 RT RakMK-20187. Helsinki.

Uudenmaan ELY-keskus. 2015. Ilmanlaatu maankäytön suunnittelussa – opas 2/2015.

Ympäristöministeriö. 2017b. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017.

Ympäristöministeriö. 2017c, Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta.

Ympäristöministeriö. 1987. Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto D2.

Ympäristöministeriö 1994, Suomen rakentamismääräyskokoelma G1.

Ympäristöministeriö. 2012. RakMK D2: Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto määräykset ja ohjeet 2012.

## **Kuvalähteet**

Kuva 1: Suomen asuinkerrostalot rakennusvuoden mukaan. (Tilastokeskus)

Kuva 2: 1960–1980-lukujen yleisimmät väliseinä-, ulkoseinä- sekä välipohjarakenteet. Rakennetyypit on koostettu tätä tutkimusta varten lähteestä Mäkiö et al. 1994, s. 53–83.

Kuva 3: Kooste asuntotyypeistä, jotka kattavat 82 % Suomen 1960–1980-lukujen asuntokannasta (Kaasalainen, Huuhka 2016, s. 236–240). Tähän kandidaatintyöhön on laskettu asuntotyyppien likimääräiset huoneistoalat.

Kuva 4: Koneellisia ilmanvaihtoratkaisuja tarkasteltuna ajanjaksona (Neuvonen et al. 2015, s.82).

Kuva 5: Eri vuosikymmenillä rakennettujen asuinkerrostalojen keskimääräinen ominaiskulutus kWh/m<sup>3</sup>/a (Alatalo 2012, s.83).

Kuva 6: Pellaksenmäen asuinalueen olemassa olevan ja uudisrakentamisen kokonaispäästöt vertailtuna 25 vuoden huoltosyklin aikana (Heinonen et al. 2018, s. 1179).

Kuva 7: Energiatehokkuus ≠ ekologisuus: Toteutuneita energiankulutuksia eri vuosikymmeninä. (Saatavissa <http://www.suoja-ry.fi/energiatehokkuus.html>, haettu 22.10.2018)

Kuva 8: Helsinkiin 1960–1989 rakennetut asuinkerrostalot. Kartta on koostettu tätä tutkimusta varten avoimesta datasta Helsingin kaupungin rakennusrekisteriote (Helsingin kaupunki 2012).

Kuva 9: Helsinkiin vuosina 1960–1989 rakennetut asuinkerrostalot kerrosluvun mukaan. Kuva on koostettu tätä tutkimusta varten avoimesta datasta Helsingin kaupungin rakennusrekisteriote (Helsingin kaupunki 2012).

Kuva 10: Painovoimaisen ilmanvaihdon kierresaumahormien vaatima mitoitus (Liite 2) kuvattuna 1960–1980-lukujen yleisimpiin asuntopohjiin (Kaasalainen, Huuhka 2016, s. 236–240) nelikerroksisessa kerrostalossa. Kuva on koostettu tätä tutkimusta varten.

Kuva 11: Kooste Helsingin 1960–1989 rakennetuista asuinkerrostaloista rinnastettuna vuoden 2017 kansallisen meluselvityksen tuloksiin. Kartta on koostettu tätä tutkimusta varten avoimesta datasta Kansallinen meluselvitys (Helsingin kaupunki 2017).

Kuva 12: Helsingin karttaan merkitty mustalla 1960–1989 rakennetut asuinkerrostalot (Helsingin kaupunki 2012), jotka sijaitsevat yli 200 metrin (Uudenmaan ELY-keskus 2015, s. 21) päässä vilkkaista teistä (Liikennevirasto 2017). Kartta on koostettu tätä tutkimusta varten.

Kuva 13: Uuden asuinalueen rakennuskantojen kumulatiiviset kasvihuonepäästöt vertailtuna vuoteen 2060 asti (Säynäjoki et al. 2012, s. 6). Kuva on taitettu uudelleen tätä tutkimusta varten.

Kuva 14: 2019–2020 valmistuvia asuntoja (Oikotie.fi. 2018. [viitattu 6.11.2018]. Saatavissa: oikotie.fi) rinnastettuna 1960–80-lukujen asuntojen perustyyppeihin (Kaasalainen & Huuhka 2016, s. 236–240). Kuva on koostettu tätä tutkimusta varten.

### **Seminaarit ja haastattelut**

Andersson, T. Painovoimainen ja hybridi-ilmanvaihto tänään. Helsinki, Tieteiden talo. 13.09.2018.

Ins.YAMK, KM Jari Ketola. 02.10.2018.

Arkkitehti SAFA Juulia Mikkola. 22.10.2018.

Suoja Ry: arkkitehdit Lars-Erik Mattila, Jonas Löfroos, Markus Heinonen. 29.10.2018.

### **Kiitokset**

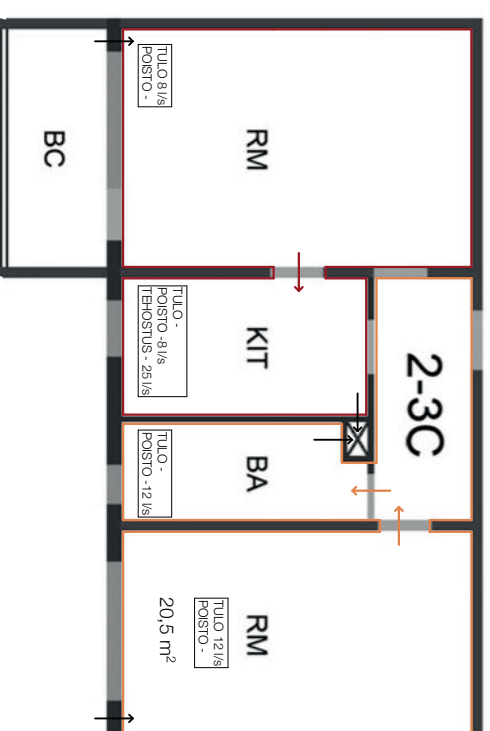
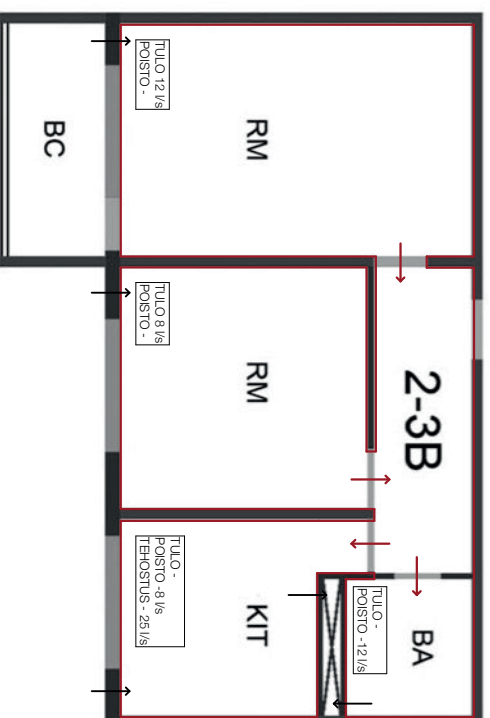
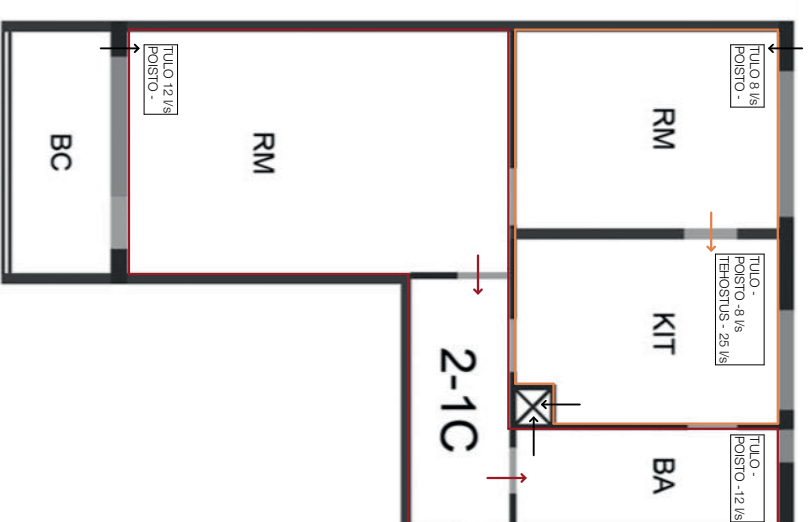
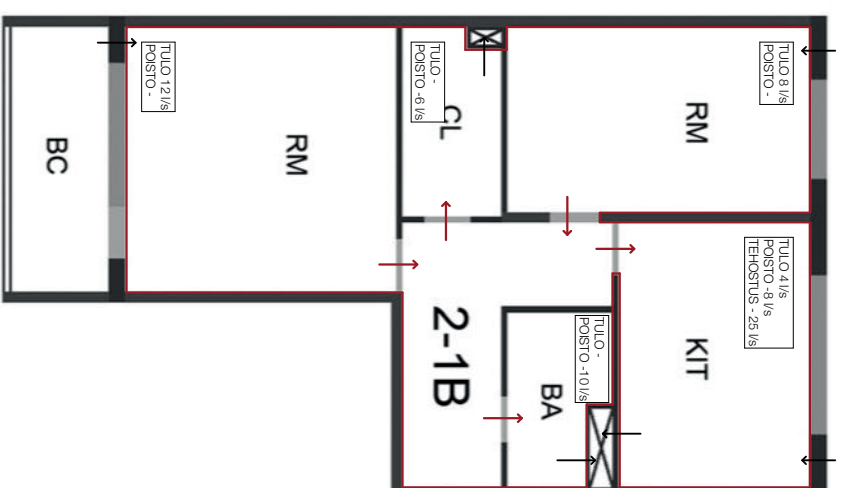
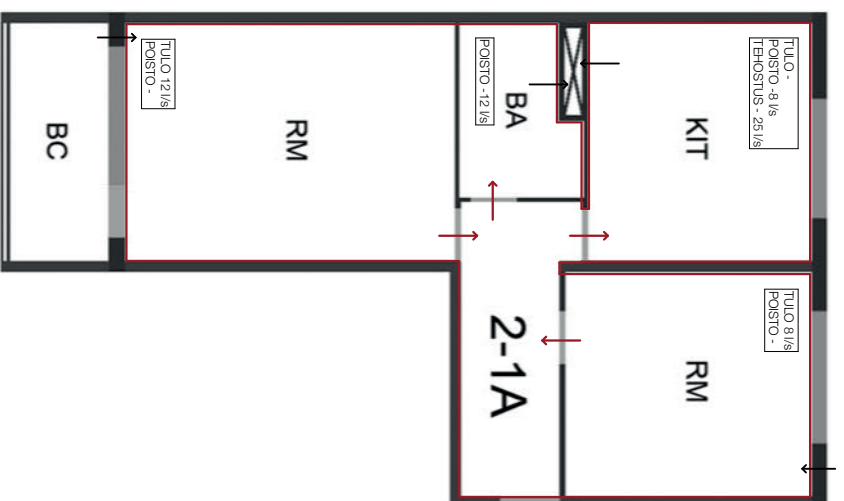
Tahdon kiittää virallisia ohjaajiani Anne Tervoa ja Helena Teräväistä, joita ilman tämä opinnäytetyö ei olisi koskaan valmistunut. Heidän lisäksi kiitos kuuluu seuraaville asiantuntijoille aakkosjärjestyksessä: Markus Heinonen, Jari Ketola, Elina Koivisto, Jonas Löfroos, Lars-Erik Mattila, Juulia Mikkola & Pekka Saatsi.

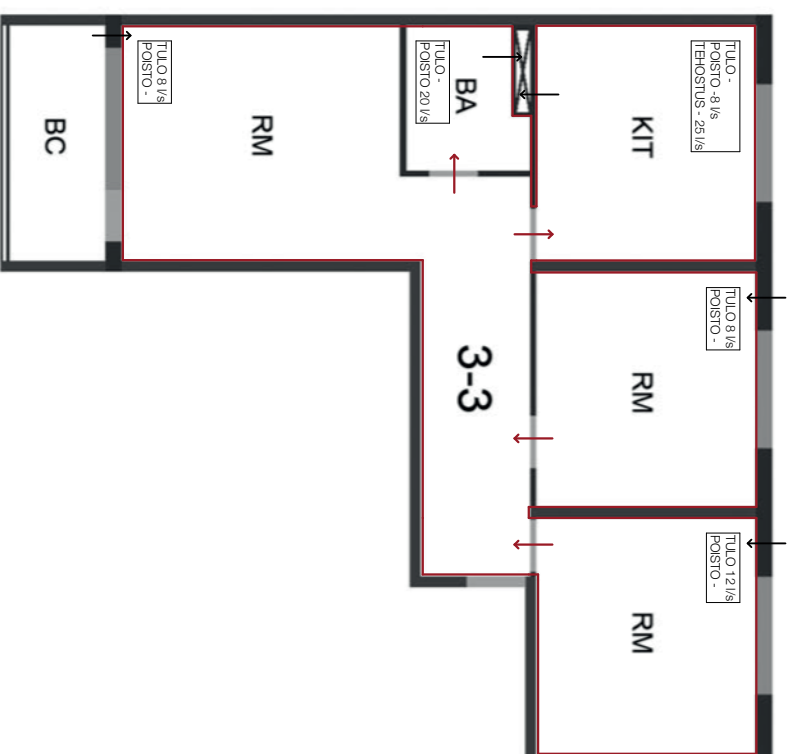
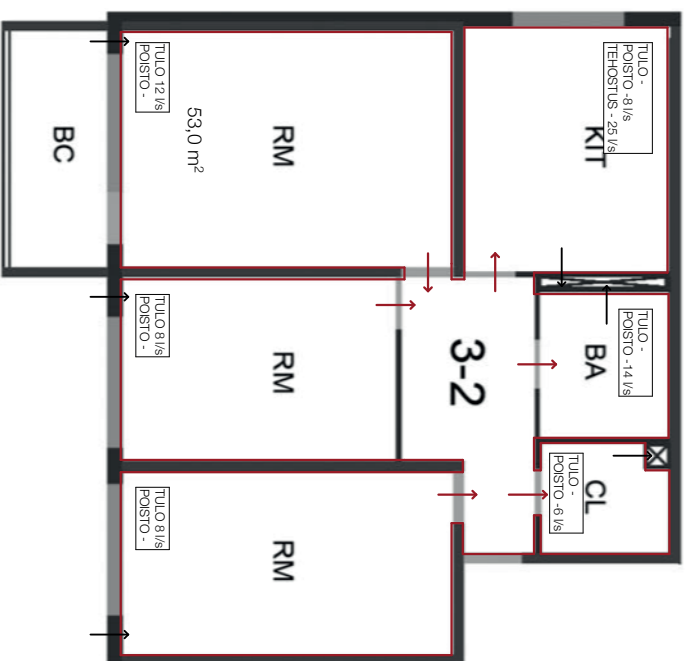
# Liite 1

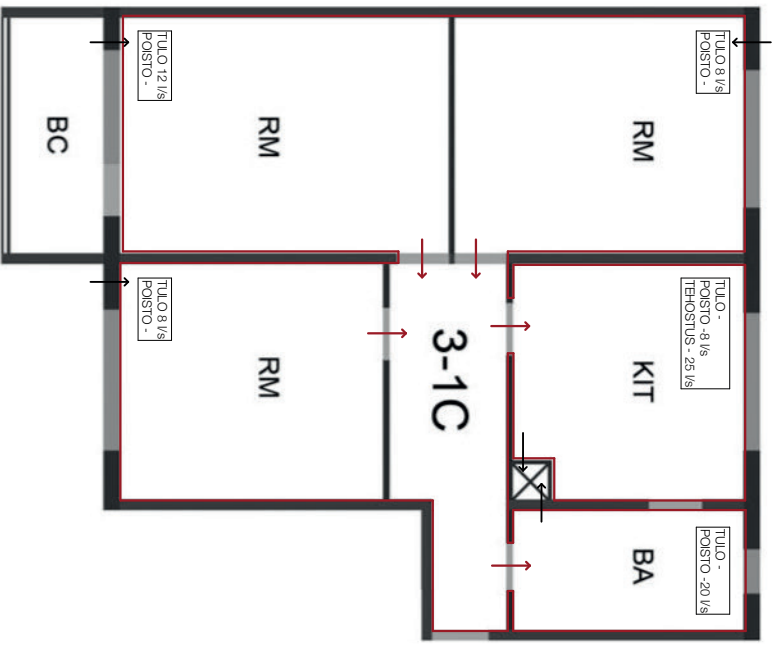
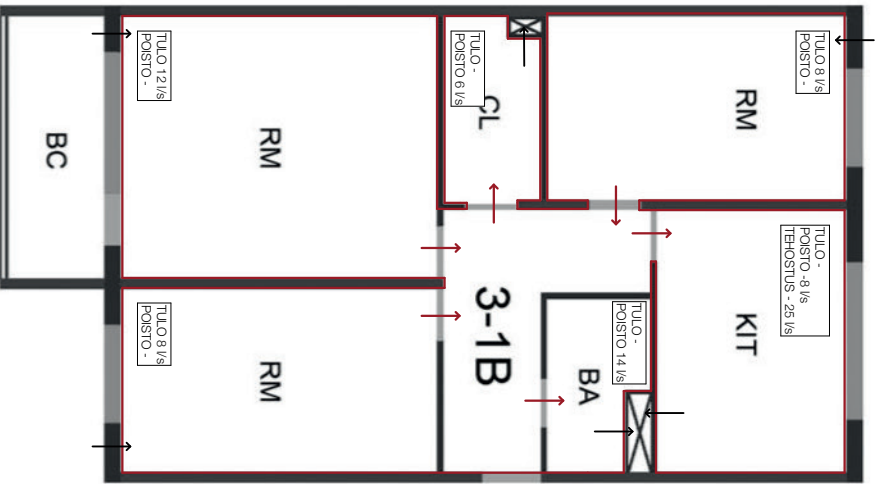
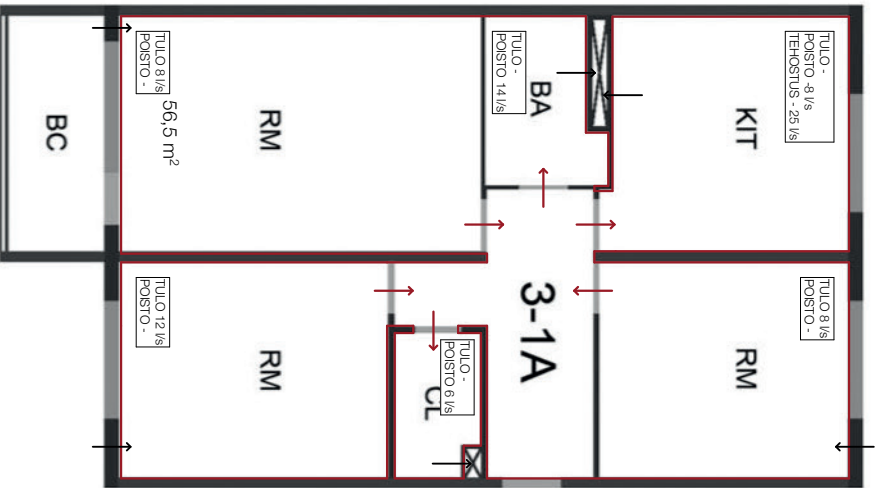
## TYYPPIPOHJIEN MITOITUKSELLISET ILMAVIRRAT

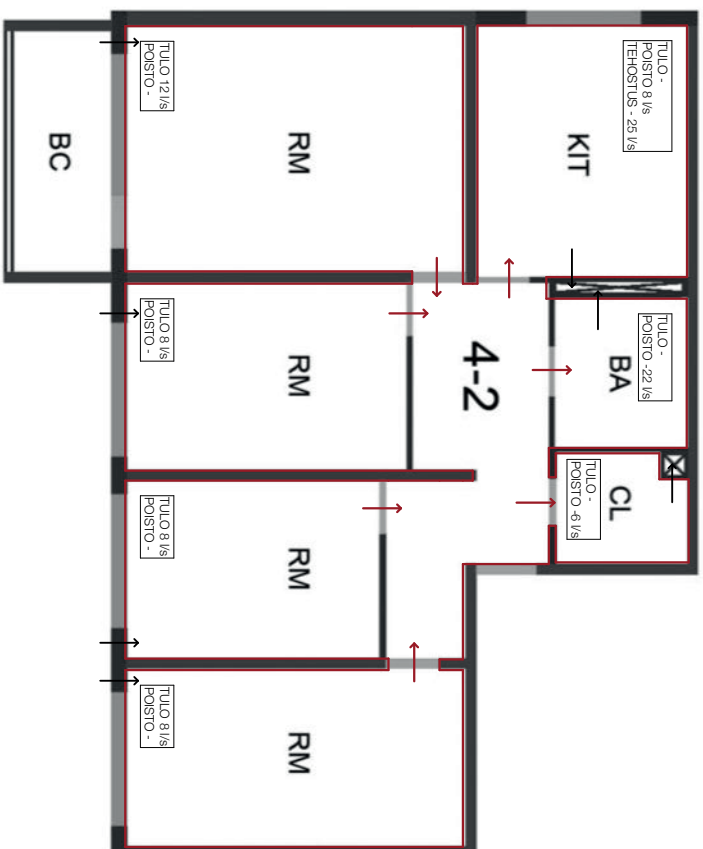
Asuntopohjat on koostettu tutkimuksesta (Kaasalainen, Huuhka 2016, s. 236–240) ja niiden ohjeelliset ilmavirrrat laskettu tätä tutkimusta varten julkaisun *Opas asuinrakennuksen ilmanvaihdon mitoittamiseen* (FINVAC ry 2017, s. 6) mukaisesti.



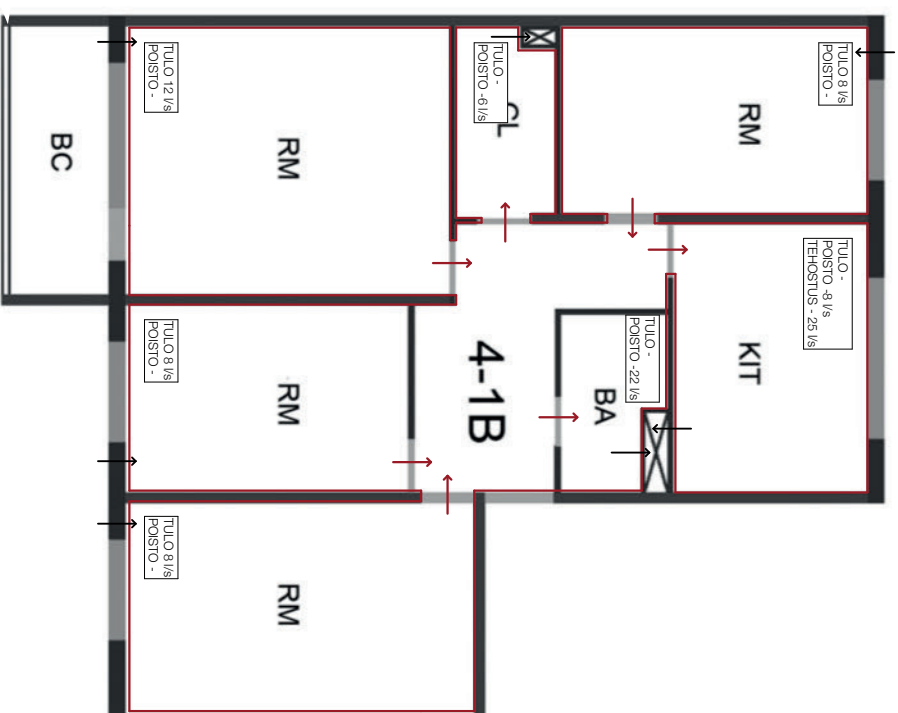
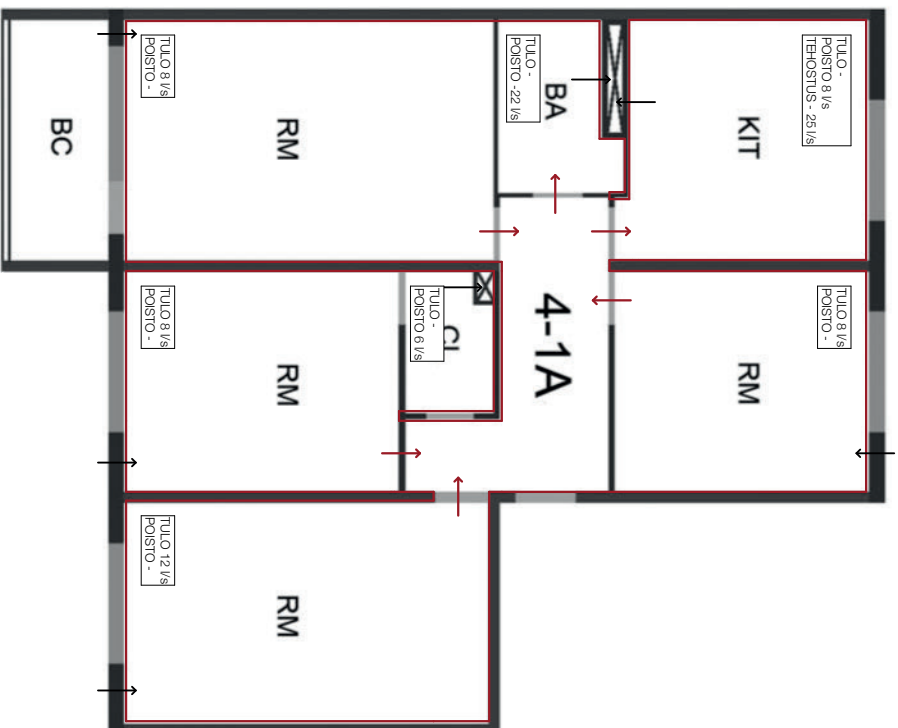








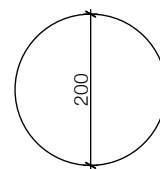




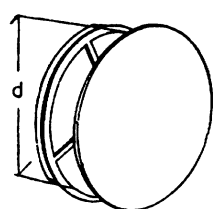
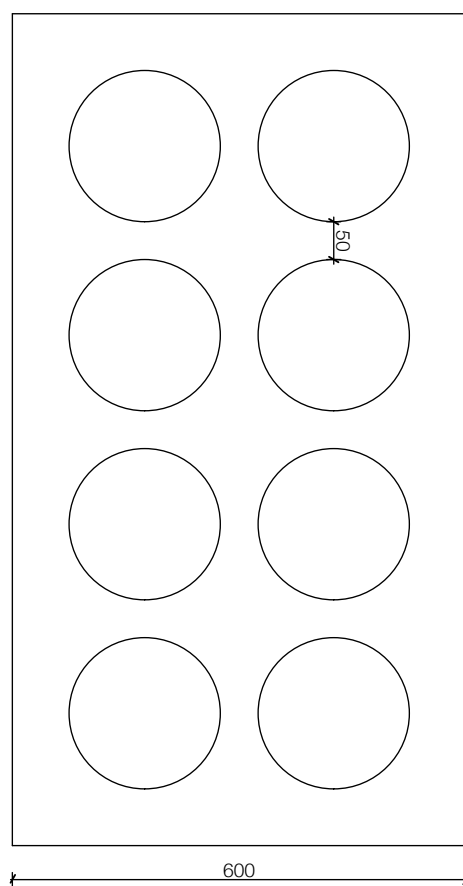
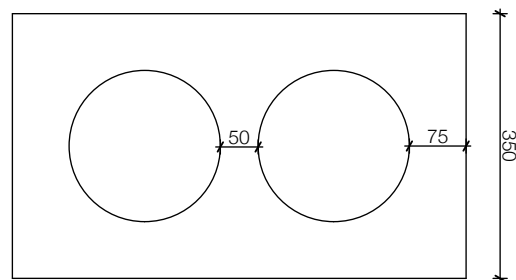
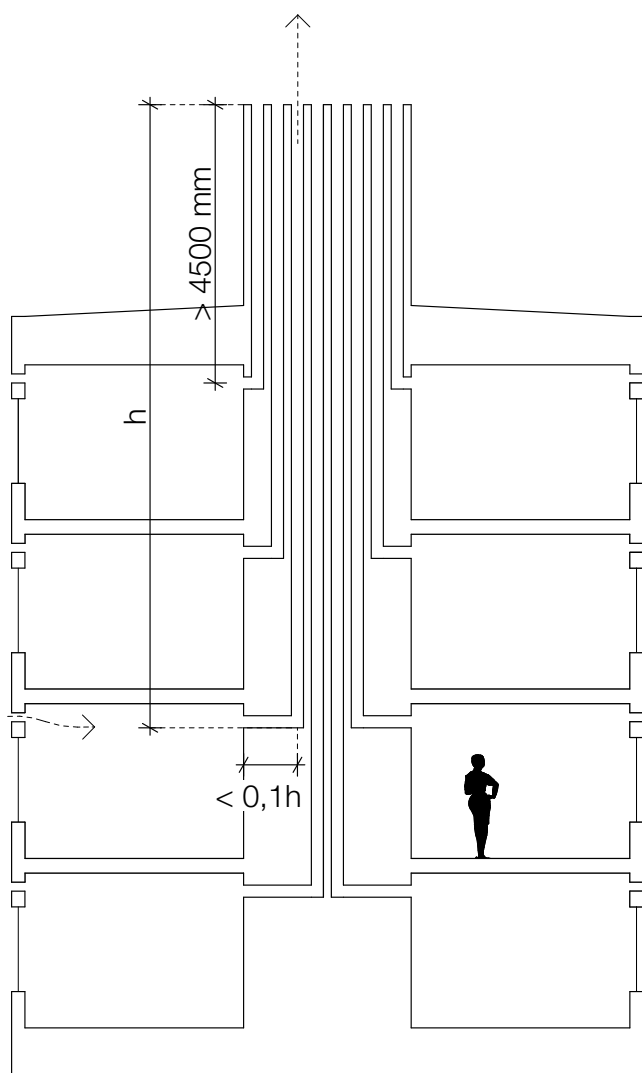
# Liite 2

## PAINOVOIMAISEN ILMANVAIHDON MITOITUSTA

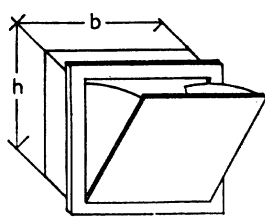
Mittoja on koostettu tätä tutkimusta varten julkaisusta *Painovoimainen ilmanvaihto -opas* (Kuuluvainen et al. 2018, s. 11), yleisistä NRT-tiilimitoista ja RT-kortista 574.11 (Rakennusteollisuus Oy. 1956.)



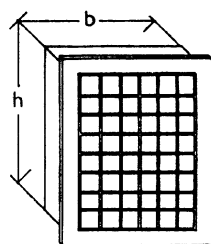
KIERRESAUMAKANAVA  
200 mm



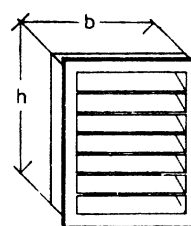
Lautasventtiili  
V1



Läppäventtiili  
V2

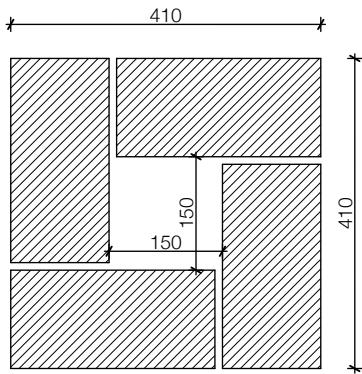


Säleikköventtiili  
V3

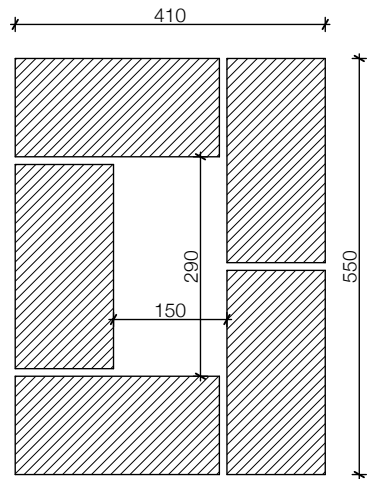
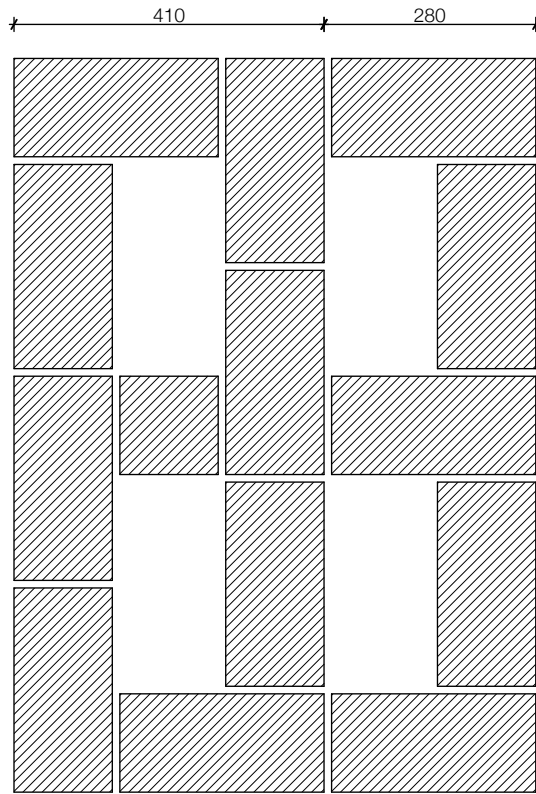


Avosäleikkö  
V4

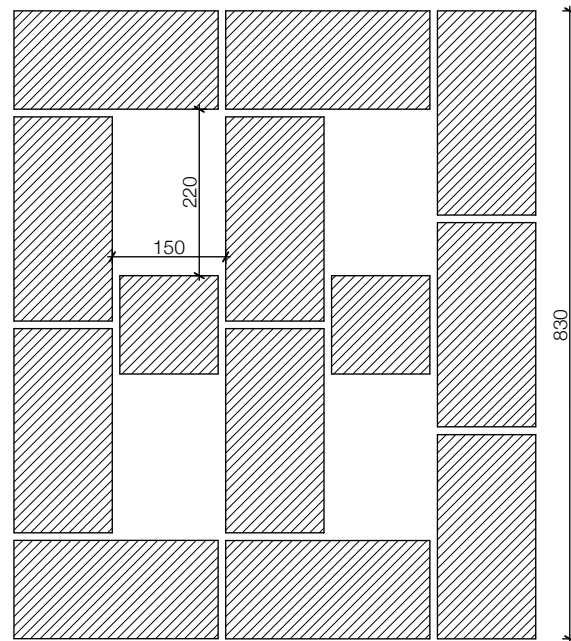
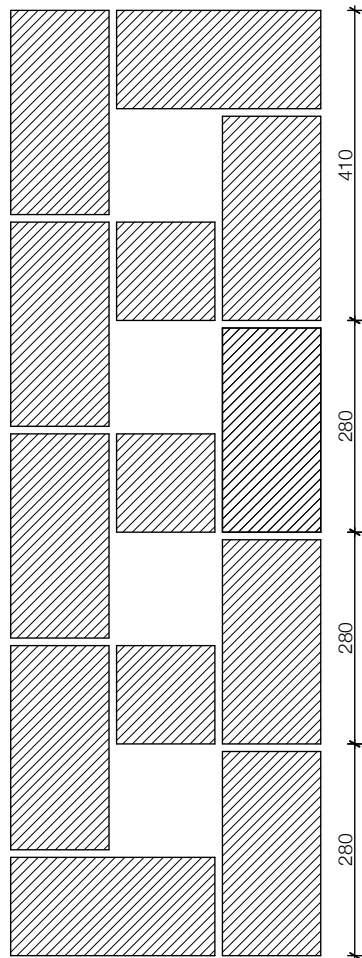
42 Ilmanvaihtoventtiilien nimellismittojen (mitat b, h ja d) tulee olla 1 dm kerrannaisia (pienissä venttiileissä 1/2 dm:n).  
Esim. 1, (1 1/2), 2, (2 1/2), 3, 4, 5 dm.



1/2 KIVEN HORMI



KOKO KIVEN HORMI



3/4 KIVEN HORMI

